

RECURSOS MINERAIS METÁLICOS

4ºAno – 1º Semestre

Unidade de Trabalhos Práticos nº3

Jazigos de Sn e W do Tipo Filoneano e do Tipo Greisen



Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da
Universidade de Lisboa

Lisboa, 2006

1. Objectivos

O trabalho a desenvolver nas aulas práticas tem por objectivos principais:

- 1- a caracterização macro e microscópica da mineralogia dos corpos mineralizados
- 2- o reconhecimento das paragéneses de alteração associadas á mineralização

2. Considerações gerais

2.1. Jazigos Filonianos

Os jazigos filonianos de estanho (Sn) e volfrâmio (W) correspondem a preenchimentos de fracturas e/ou veios de substituição constituídos essencialmente por **quartzo** e minerais da série da **volframite** (hubnerite-ferberite) e/ou **cassiterite**. Ocorrem geralmente em sistemas de veios paralelos (“swarm”) ou entrecruzados (“stockwork”), e menos frequentemente em filões discretos e isolados, que para serem económicos requerem possanças consideráveis.

Scheelite, molibdenite, bismutinite, calcopirite, esfalerite, galena, tetraedrite, pirite, arsenopirite, estanite, bismuto nativo, fluorite, muscovite, biotite, feldspato, berilo, turmalina, topázio, e clorite são minerais frequentes neste tipo de jazigos. Estes veios podem ainda incluir fosfatos e óxidos de U, Th e Terras Raras.

2.2 Greisens

Os jazigos do tipo greisen correspondem essencialmente a mineralizações de **cassiterite** (disseminada, em filonetes, “stockwoks”, lentículas, brechas e/ou chaminés) no seio de uma paragénesis de alteração constituída por quartzo, mica, fluorite e topázio (**greisenização**); frequentemente a arsenopirite representa uma fase acessória importante.

2.3 Rochas encaixantes

Os jazigos filonianos e do tipo greisen ocorrem normalmente associados a rochas graníticas muito evoluídas, peraluminosas, reduzidas, do tipo S ou do tipo A, enriquecidos em metais raros. A mineralização ocorre quer nas zonas de cúpula das intrusões quer no exocontacto, geralmente no interior da zona de metamorfismo de contacto (Fig. 1). O exocontacto é, geralmente, caracterizado por rochas metasedimentares de natureza pelítica e/ou psamítica. A relação entre as mineralizações e os corpos intrusivos não é meramente espacial e, para além do controlo estrutural do sistema filoniano (usualmente condicionado pela forma e dimensão do corpo ígneo), várias são as evidências mineralógicas de circulação de fluidos tardi-magmáticos durante os eventos mineralizantes mais precoces.

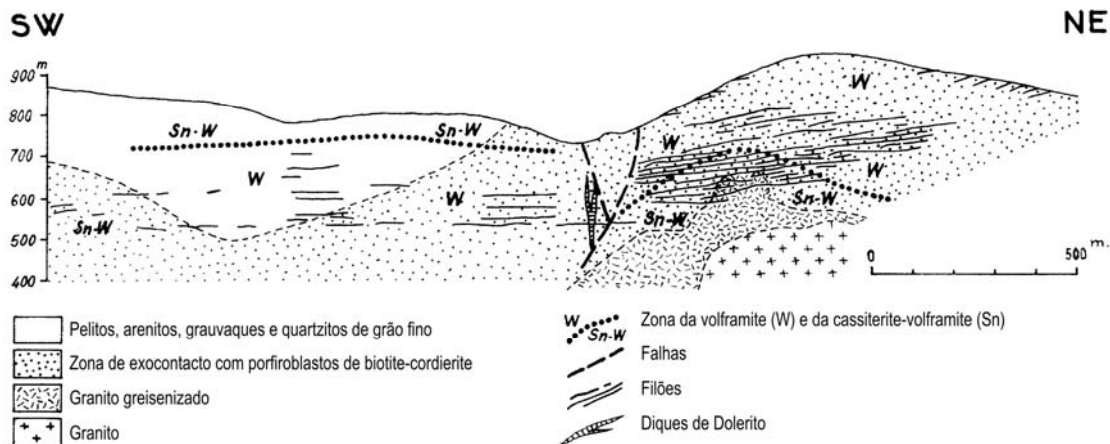
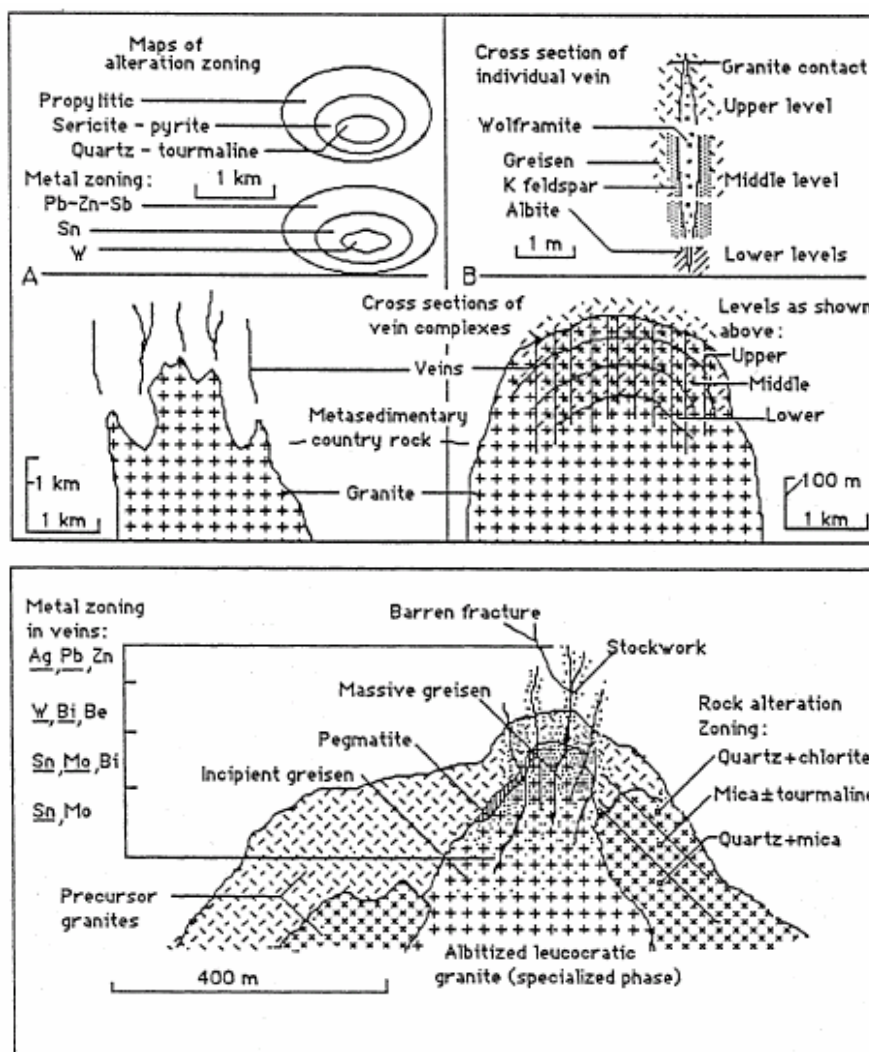


Figura 1 - Secção geológica esquemática dos sectores de Panasqueira – Barroca Grande - W de Barroca Grande (Couto Mineiro da Panasqueira - Fundão, Portugal). Adaptado de Tadeu (1973)

2.4. Tipos de alteração

Os tipos de alteração que caracterizam estes depósitos e afectam essencialmente as rochas encaixantes incluem **greisenização**, **albitização** e/ou **turmalinização**. A greisenização corresponde basicamente a um tipo particular de alteração filítica caracterizada pela presença de quartzo e de minerais ricos em F e Li (micas, topázio e fluorite). Em alguns depósitos é ainda comum a presença de zonas de alteração argílica, silicificação (nas cúpulas e auréolas de contacto das intrusões), microclinização (alteração potássica), cloritização (alteração propilítica) e hematitização. Em termos gerais é possível definir padrões de mineralização-alteração zonados (Fig. 2).



Zonação típica de um sistema filoneano de W(Sn) segundo Cox e Bagby, 1986

Zonação típica de um de um greisen de Sn segundo Reed (1986)

Figura 2 – Representações esquemáticas ilustrando os padrões de mineralização-alteração típicos para jazigos filoneanos de W (Sn) e greisens de Sn

3. Jazigos estano-volfrâmicos portugueses

A província metalogenética estano-volfrâmica de Portugal desenvolve-se por toda a região centro e norte (Fig. 3) onde os jazigos filonianos constituem, sem sombras de dúvida, os de maior importância económica. As relações de natureza geométrica e geoquímica estabelecidas com as intrusões graníticas sin e tardi-orogénicas e a deformação evidenciada pelos preenchimentos dos filões, permitem, regra geral, enquadrar a cronologia relativa dos diferentes depósitos na sequência de fenómenos desencadeados pela Orogenia Hercínica (Schermerhorn, 1982; Ribeiro & Pereira, 1982).

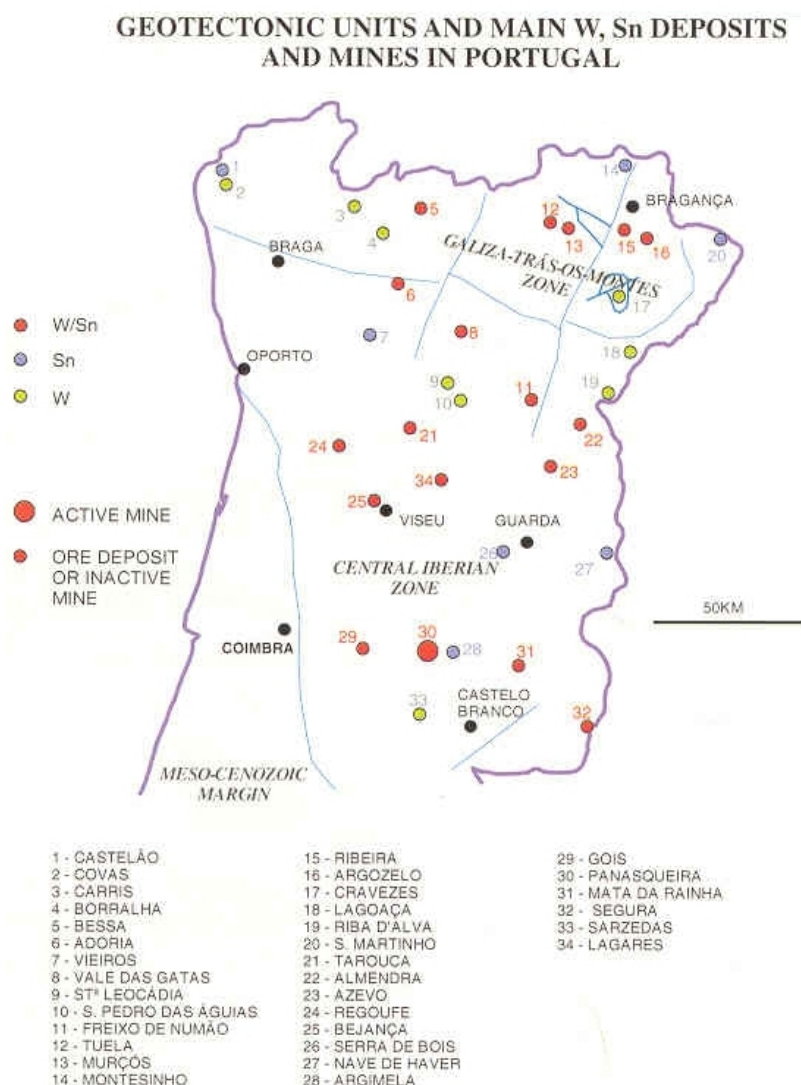


Figura 3 – Depósitos de Sn e W portugueses

3.1. Jazigo de Montesinho

A mineralização estanífera de Montesinho (Bragança) constitui o exemplo paradigmático das ocorrências associadas a granitos sin-orogénicos precoces. O sistema filoniano principal compreende fendas de tracção regularmente dispostas ao longo de um corredor de cisalhamento de direcção média N80E (fig. 4). Os filões mais ricos são enquadrados por xistos de idade ordovícica e, por norma, encontram-se selados pela paragénese **quartzo + moscovite + cassiterite + berilo**. Os sulfuretos são bastante escassos.

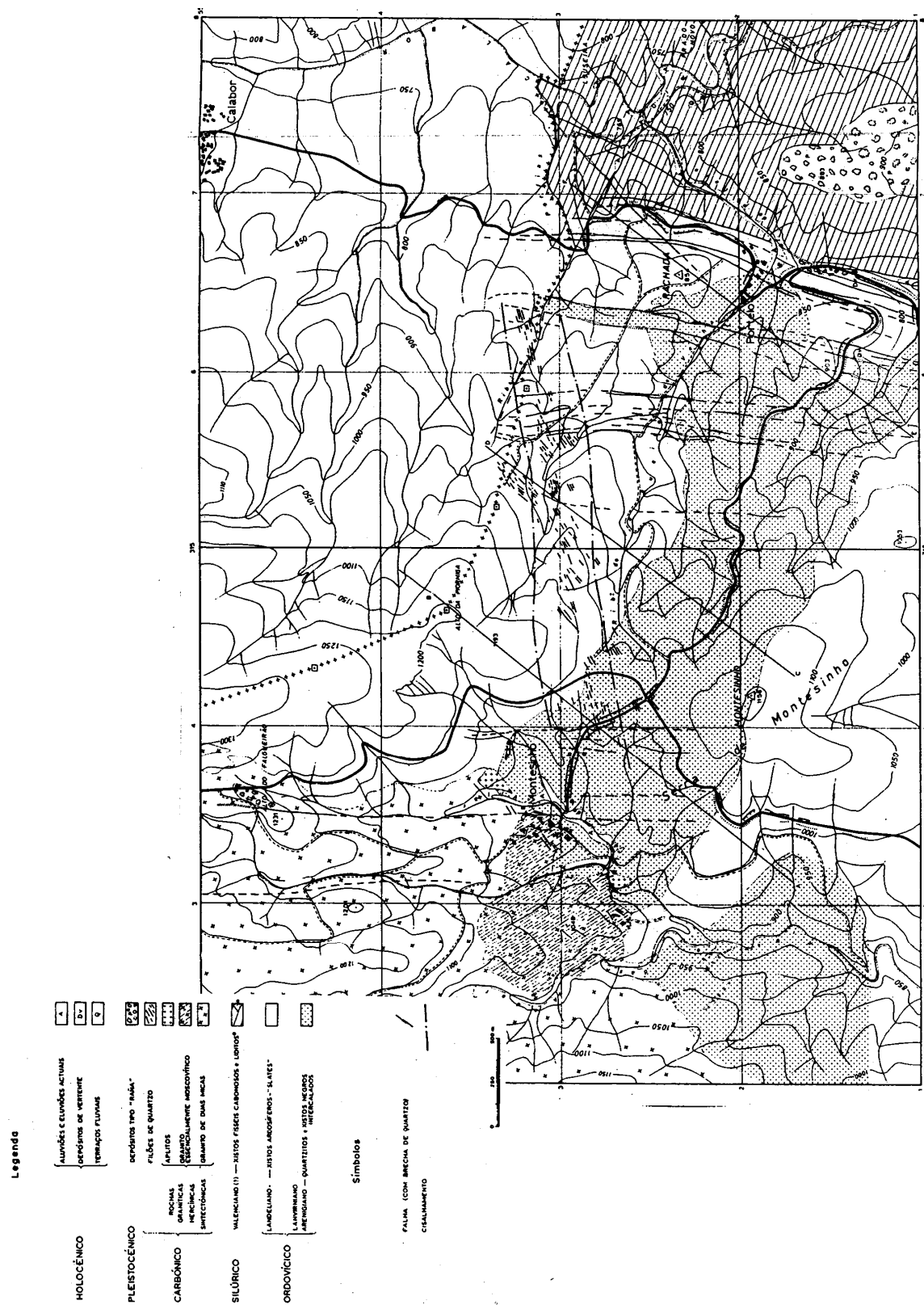


Figura 4 – Carta geológica das Minas de Montesinho (Pereira et al., 1984).

3.2. Jazigo da Borralha (baseado em Noronha, 1984)

Em traços gerais, é possível afirmar que o couro mineiro da Borralha integra os domínios mais ricos do eixo metalogenético caracterizado pela associação W+Mo+Bi±Sn que, espacialmente associado ao maciço tardi-orogénico de Lovios-Gerês, toma rumo geral N20W. A estrutura filoniana desenvolve-se preferencialmente na zona de contacto entre rochas graníticas sin-orogénicas (cujo termo predominante é o granito porfiróide calco-alcalino precoce, usualmente designado por granito da Borralha, que se associa com frequência a uma fácies mais tardia de duas micas e granularidade fina/média, conhecida por granito de Murça) e as rochas metassedimentares de idade silúrica (fig. 5).

No Jazigo da Borralha, as estruturas mineralizadas distribuem-se por dois grandes grupos geneticamente diferentes:

(1) filões de **quartzo** com **volframite**, **scheelite** e **sulfuretos** (calcopirite, pirite, esfalerite, molibdenite e bismutinite). Estes são ainda passíveis de subdivisão em duas famílias principais consoante o seu pendor (verticais, com inclinações superiores ou iguais a 45°; deitados, com inclinações inferiores a 30°) - em qualquer dos casos, correspondem a conjuntos de estruturas dilatacionais com morfologia lenticular onde são frequentes as figuras em rabo de enguia segundo a direcção e pendor; e

(2) filões **aplito-pegmatíticos** com **cassiterite**, cujo desenvolvimento aparenta ter sido condicionado pela pré-existência de zonas estruturalmente débeis; estes filões precoces servem, com alguma frequência, de encaixante às estruturas do primeiro grupo.

Importa referir ainda que os vários filões intersectam as diferentes litologias segundo direcções preferenciais, assumindo particular relevo as de rumo próximo a E-W.

A presença de dois **corpos brechóides** relativamente tardios com desenvolvimento regular, morfologia cónica e secção elíptica, constitui também característica assinalável. Estas estruturas, aglutinando elementos angulosos de rocha encaixante cimentados por quartzo, evidenciam frequentemente concentrações metalíferas passíveis de exploração económica.

Estudos detalhados de petrografia, química mineral e geoquímica de rocha total nos litótipos encaixantes mais importantes, permitiram colocar em evidência associações de alteração hidrotermal, não só nas zonas adjacentes às estruturas mineralizadas (macroscopicamente detectáveis), como também em domínios relativamente distanciados destas (≈ 1.5 m). Os processos metassomáticos tardios, conduzindo a **argilização** intensa e localizada das rochas, mascaram frequentemente os efeitos devidos a interacções fluído/rocha precoces, conducentes ao desenvolvimento de paragénese de **alteração potássica e propilítica**.

3.2.1. Questionário

1. A amostra referenciada com o número 209 representa o granito da Borralha. Caracterize-a do ponto de vista mineralógico e textural.
2. Nas amostras 205 e 214 é possível observar o encosto do filão mineralizado com a rocha encaixante. Caracterize mineralogicamente o filão, o encaixante e a zona de metasomatismo.
3. A amostra 206 representa a mineralogia típica dalguns filões do jazigo da Borralha. Caracterize a sua mineralogia e textura.

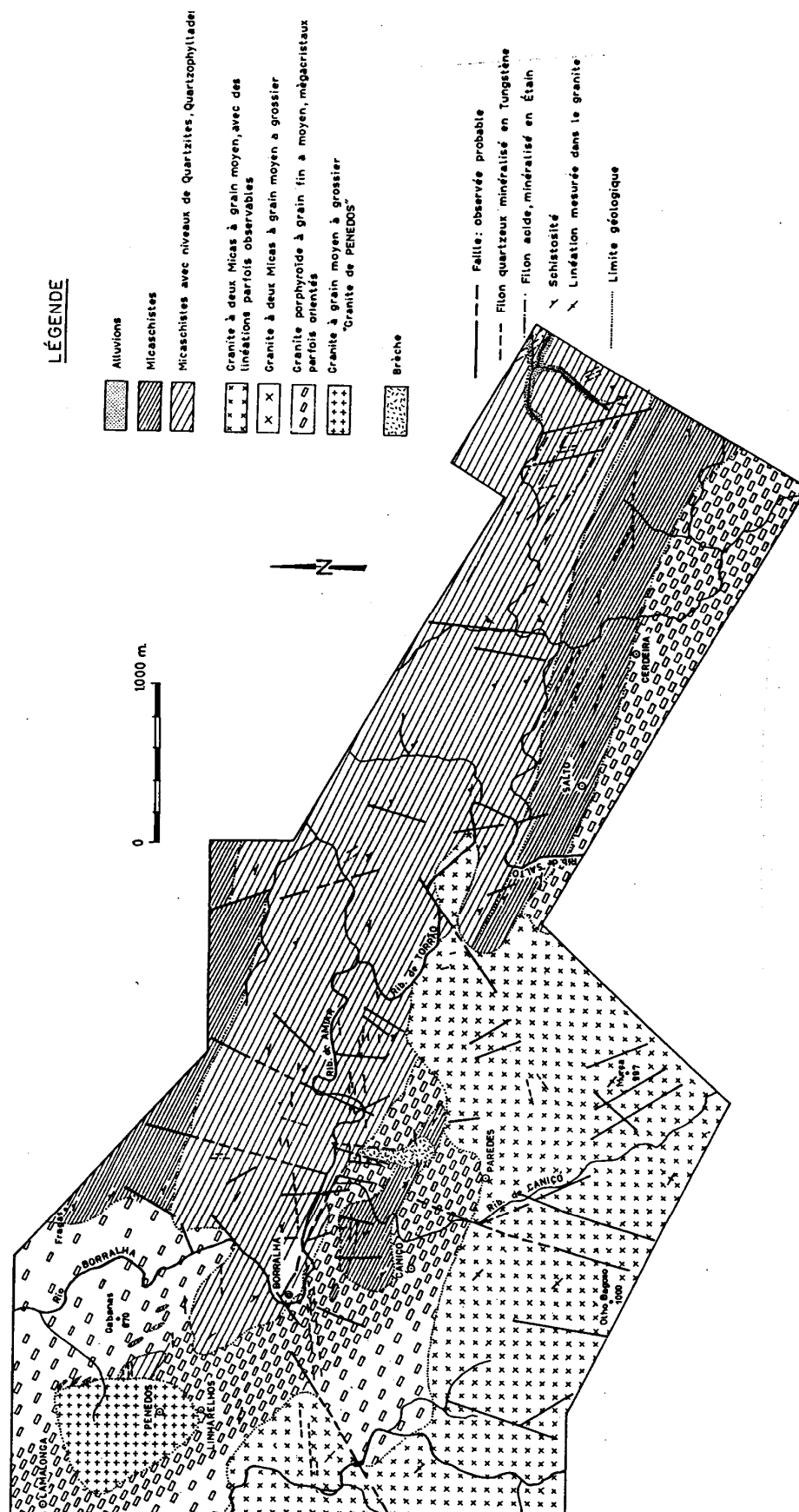


Figura 5 – Carta geológica da Zona Mineira da Borralha. Adaptado de Noronha (1974).

3.3. Jazigo da Panasqueira

O Jazigo da Panasqueira situa-se na província da Beira Baixa, a cerca de 34 km a W do Fundão, no interior da Zona Centro-Ibérica. A mineralização (W-Sn) encontra-se preferencialmente encaixada por metassedimentos (grauvaques e xistos argilosos finos) do Complexo Xisto-Grauváquico (Fig. 6). Na área sujeita a extracção não aflora qualquer rocha granítica, muito embora as galerias tenham intersectado o topo de uma cúpula de greisen e diversas sondagens de fundo revelem a presença de um corpo tardi-orogénico, porfírico de duas micas (Fig.1).

3.3.1. Campo filoniano

De acordo com a sua atitude, os filões podem ser agrupados em duas grandes famílias (Thadeu, 1951):

1) filões subverticais estéreis (também denominados por **seixo bravo**), preenchidos por **quartzo leitoso** (por vezes de aspecto sacaróide), de morfologia lenticular e possança raramente acima de 1 m; o seu desenvolvimento localizado e, por norma, controlado por anisotropias estruturais pré-existent (xistosidade, em particular), induz a génese de alinhamentos descontínuos com dezenas de metros de comprimento

2) filões mineralizados com pendor fraco que, segundo a direcção, exibem frequentes ramificações lateralmente descontínuas, cujas terminações típicas em bisel são designadas em gíria mineira por rabos de enguia.

As estruturas mineralizadas podem ainda dividir-se em:

- i) **filões normais**, com pendor bastante fraco, muito abundantes em toda área explorada;
- ii) **filões galo**, com inclinações médias em torno de 35°SE e caracterizados por teores geralmente mais elevados que os associados às estruturas anteriores.

3.3.2. Mineralização Filoniana

Apesar da paragénese mineral presente nos filões de quartzo ser muito variada, é possível reconhecer genericamente a presença de: **quartzo + volframite + cassiterite + arsenopirite + calcopirite + pirite + marcassite + carbonatos ± fluorite ± apatite ± sericite**. À escala do filão, é frequente observar-se a distribuição dos agregados radiais de volframite ao longo de faixas descontínuas e sub-paralelas aos bordos dos veios, bem como o desenvolvimento de bolsadas irregulares de sulfuretos onde é possível colocar em evidência a deposição rítmica de diferentes tipos de sulfuretos, quartzo e carbonatos. A proporção relativa entre os diferentes minerais constituintes das estruturas mineralizadas varia bastante quer ao nível da mina, quer ao nível do filão, contribuindo decisivamente para o estabelecimento de zónas químicas a diferentes escalas.

Os encostos das estruturas mineralizadas encontram-se sublinhados por uma **salbanda micácea** de espessura variável e constituída por cristais grosseiros de moscovite com crescimento sub-perpendicular às paredes do filão. Geralmente a espessura destas salbandas é inversamente proporcional à quantidade de tungstato e sulfuretos contidos no veio, podendo constituir um primeiro critério de avaliação económica dos filões.

O tungstato presente nas estruturas mineralizadas aproxima-se do termo final ferberite (FeWO_4), apresentando concentrações médias em MnWO_4 compreendidas entre 12.8 e 18.9% em peso (Thadeu, 1951).

Em termos gerais é possível delinear três eventos principais de mineralização (Bloot & Wolf, 1953; Kelly & Rye, 1979):

1 - **Estádio precoce**: desenvolvimento da salbanda micácea e precipitação de quartzo ao longo de descontinuidades estruturais; génese de agregados radiais de volframite e disseminação de cassiterite; deposição de sulfuretos precoces, nomeadamente de arsenopirite. As salbandas micáceas contêm, por vezes, quantidades apreciáveis de turmalina, topázio e arsenopirite;

2 - **Estádio sulfuretado principal**: desenvolvimento polifásico das bolsadas de sulfuretos ao longo das faixas centrais dos veios mineralizados mais importantes. O início deste evento encontra-se, regra geral, sublinhado pela deposição de abundante arsenopirite, seguindo-se-lhe pirite, pirrotite, calcopirite, esfalerite, e quantidades menores de estanita e galena. A esfalerite ferrífera contém ainda exsoluções de calcopirite, estanita e pirrotite. É também possível atribuir a este evento a deposição localizada de moscovite tardia, quartzo e apatite;

3 - **Estádio carbonatado**: caracterizado pela deposição de diversos carbonatos, principalmente dolomite, calcite e siderite, que para além de formarem cristais bem desenvolvidos em geodes, constituem com frequência agregados micro e criptocristalinos que cobrem os minerais precoces. A deposição tardia de sulfuretos (pirite em particular) é passível de ser remetida aos impulsos mais tardios deste episódio.

3.3.3. Alteração hidrotermal

A **alteração hidrotermal** das litologias que enquadram os filões mineralizados traduz-se essencialmente por deposição de **turmalina** ao longo de uma faixa adjacente e sub-paralela às estruturas quartzosas que, por norma, não ultrapassa os 15 cm de espessura. O registo mineralógico dos processos metassomáticos engloba ainda **sericitização** e/ou **silicificação** de intensidade variável, para além de disseminação local de apatite e pequenas quantidades de sulfuretos.

A alteração hidrotermal do nível superior da intrusão granítica conduziu ao desenvolvimento de uma cúpula de **greisen** caracterizada pela paragénese **quartzo + sericite ± turmalina ± sulfuretos ± topázio**. Importa, no entanto, referir que a alteração se manifesta sobretudo pela substituição dos feldspatos sensus lato pela associação quartzo + sericite. Nos domínios periféricos da cúpula greisenizada, são ainda comuns os veios e filonetes de quartzo ricos em pirite, arsenopirite, calcopirite, marmatite¹ e carbonato (Bloot & Wolf, 1953). Esta cúpula é limitada a tecto por uma massa estéril de quartzo leitoso. Na cúpula existe mineralização estanífera, mas não tungstífera. O campo filoniano corta a cúpula.

3.3.4. Questionário

4. As amostras referenciadas com o número 116 e PN-32-G (lâmina) representam a cúpula de greisen. Caracterize o greisen do ponto de vista mineralógico e textural nas escalas macro e microscópica.

5. Na amostra 115 é possível observar o encosto do filão mineralizado com a rocha encaixante (grauvaque). Caracterize mineralogicamente este encosto macro e macroscopicamente e avalie o relacionamento cronológico entre a instalação do filão e as fendas de tracção preenchidas por quartzo no encaixante.

6. Na amostra 118 encontram-se representadas diferentes gerações de veios. Caracterize mineralogicamente cada uma destas estruturas mineralizadas e, se possível, relacione-as com os diferentes estádios de mineralização.

7. As amostras com a referência 88 representam dois excelentes exemplares do interior dos veios mineralizados. Caracterize-as mineralogicamente e coloque em evidência os aspectos texturais mais relevantes.

8. Que designação se atribui normalmente à terminação do veio de quartzo observado na amostra 114 ?

9. Caracterize macro e microscopicamente a paragénese sulfuretada constituinte do veio representado pela amostra P1.

10. Com base nas observações micro e microscópicas da amostra PN-3, identifique as paragénese minerais que sublinham os sucessivos incrementos de abertura do veio mineralizado.

¹ Designação atribuída à variedade ferrífera de esfalerite.

4. Referências bibliográficas

- Blout, C.; Wolf, C.M. (1953) - Geological features of the Panasqueira Tin-Tungsten ore occurrence (Portugal). *Bol.Soc.Geol.Port.*, **XI**(I): 1-58.
- Burnard, P. G., Polyá, D.A. (2004) - Importance of mantle derived fluids during granite associated hydrothermal circulation: He and Ar isotopes of ore minerals from Panasqueira, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **68**:1607-1615
- Bussink, R.W.; Kreulen, R.; de Jong, A.F.M. (1984) - Gas analysis, fluid inclusions and stable isotopes of the Panasqueira W-Sn deposits. *Bull.Mineral.*, **107**: 703-713.
- Cox, D.P., and Bagby, W.C., 1986, Descriptive model of W veins, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S.G.S. Bull.* 1693, p. 64.
- Foxford, K.A.; Nicholson, R.; Polyá and D.A.; Hebblethwaite, R.P.B., 2000, Extensional failure and hydraulic valving at Minas da Panasqueira, Portugal; evidence from vein spatial distributions, displacements and geometries. *J. Struct. Geol.*, **22**: 1065-1086.
- Kelly, W.C.; Rye, R.O. (1979) - Geologic, fluid inclusions, and stable isotope studies of the Tin-Tungsten Deposits of Panasqueira, Portugal. *Econ.Geol.*, **74**: 1721-1822.
- Mateus, A. (1985) - Caracterização da alteração hidrotermal do jazigo tungstífero da Borralha. *Rel. Estágio Científico, DGFCUL*: 165 pp.
- Noronha, F. (1976) - Niveaux à scheelite dans la zone tungstifère de Borralha. Leur importance metallogénique. *Pub. do Mus. e Lab. de Mineral. e Geol. da F. C. do Porto*, 4ª série, **LXXXVII**: 7-16.
- Noronha, F. (1979) - Les brèches du gisement de tungstène de Borralha (Nord Portugal). Quelques données pour leur classification. *Pub. do Mus. e Lab. de Mineral. e Geol. da F. C. do Porto*, 4ª série, **XCI**: 187-212.
- Noronha, F. (1982) - Rochas graníticas do triângulo Gerês-Barroso-Cabreia: suas relações com a mineralização em Sn e W-Mo. *Pub. do Mus. e Lab. de Mineral. e Geol. da F. C. do Porto*, 4ª série, **XCIII**: 1-39.
- Noronha, F. (1984) - Caractéristiques physico-chimiques des fluides associés à la genèse du gisement de tungstène de Borralha. *Bull. Mineral.*, **107**: 273-284.
- Noronha, F.; Saavedra, J. (1975) - Estudo petrológico e tectónico da área tungstífera da Borralha. 2º Cong. Ibero-Americano de Geologia Económica, Buenos Aires, **4**: 227-246.
- Noronha, F.; Doria, A.; Dubessy, J.; Charoy, B. (1992) - Characterization and timing of the different types of fluids present in the barren and ore-veins of the W-Sn deposit of Panasqueira, Central Portugal. *Mineral.Deposita*, **27**: 72-79.
- Oosterom, M.G.; Bussink, R.W.; Vriend, S.P. (1984) - Lithogeochemical studies of aureoles around the Panasqueira Tin-Tungsten Deposit, Portugal. *Mineral.Deposita*, **19**: 283-288.
- Pereira, E.; Iglesias, M.; Ribeiro, A. (1984) - Leucogranitos-stockscheider e o controlo estrutural da mineralização na mina de Montesinho - Bragança. *Comun. Serv. Geol. Port.*, **70**(1): 11- 22.
- Polyá, D.A., Foxford, K.A., Stuart, F.M., Boyce, A. and Fallick, A.E., 2000, Evolution and paragenetic context of low δD hydrothermal fluids from the Panasqueira W-Sn deposit, Portugal: new evidence from microthermometric, stable isotope, noble gas and halogen analyses of primary fluid inclusions. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **64**: 3357-3371.
- Polyá, D.A., 1989, Chemistry of the main-stage ore-forming fluids of the Panasqueira W-Cu(Ag)-Sn deposit, Portugal: implications for models of ore genesis. *Econ. Geol.*, **84**: 1134-1152.
- Reed B.L. (1986), Descriptive model of Sn greisen deposits, in Cox, D.P., and Singer, D.A., eds., *Mineral deposit models: U.S.G.S. Bull.* 1693, p. 70.
- Ribeiro, A.; Pereira, E. (1982) - Controlos paleogeográficos, petrológicos e estruturais na génese dos jazigos portugueses de estanho e volfrâmio. *Geonovas*, **3**(1): 23-31.
- Schermerhorn, L. (1982) - Framework and evolution of the hercynian mineralisation in the Iberian Meseta. *Comun. Serv. Geol. Port.*, **68**(1): 92-110.
- Thadeu, D. (1951) - Geologia do couro mineiro da Panasqueira. *Comun.Serv.Geol.Port.*, **32**: 5- 64.
- Thadeu, D (1973) – Les gisements stannio-volframitiques du Portugal. *Ann. Soc. Geol. Bel.*, Liège, **96**, 5-30