

ANÁLISE ESTRUTURAL E CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA-GEOQUÍMICA DA MINA DE FERRO AZENHAS II (PEDRÓGÃO, ZONA DE OSSA-MORENA)

A. Mateus¹, A. Araújo², J. Matos²

¹ Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal

² Departamento de Geociências da Universidade de Évora, Apartado 94, 7001 Évora Codex, Portugal

Abstract

Trace element chemistry presented by the amphibolites found in the Azenhas II prospect (Mina do Pequito Unit) is transitional between that of ocean ridge and orogenic basalts; these rocks may therefore represent an ophiolitic slice, perhaps alike to the one recognized in the S. Lourenço area. The upper allochthonous metavolcanic acid tuffs belonging to the Azenha da Rabadoa Unit are evolved rhyolites, geochemically similar to those identified in the autochthonous Volcanic-sedimentary Complex of Ficalho. The genesis of the magnetitic ore and the development of the polyphasic metassomatic changes recorded by amphibolites are interpreted as a result of a complex chemical reaction path under a reverse temperature gradient generated during the tectonic superposition of amphibolites over relatively cold metasediments.

Resumo

A gequímica oligoelementar apresentada pelos anfíbolitos aflorantes em Azenhas II (Unidade da Mina do Pequito) permite colocar em evidência um carácter de transição entre basaltos de fundo oceânico e basaltos orogénicos, pelo que estas rochas poderão representar uma escama ofiolítica, talvez análoga à reconhecida na área de S. Lourenço. Os metatufos ácidos alóctones que se desenvolvem a tecto dos anfíbolitos, são riólitos evoluídos, em tudo similares aos descritos para o Complexo Vulcano-sedimentar autóctone de Ficalho. A génese das mineralizações magnetíticas, bem como o metassomatismo polifásico registado pelos anfíbolitos, é interpretada como resultado de um complexo percurso químico sob um gradiente inverso de temperatura dependente da sobreposição tectónica de anfíbolitos sobre metassedimentos relativamente frios.

1. Introdução

A caracterização geológico-mineira da área em estudo remonta aos anos 30-40 (Silva, 1945 e Neiva, 1952). Os resultados das investigações efectuadas em anos subseqüentes foram sintetizados por Carvalho (1971) e Carvalho *et al.* (1971). Os levantamentos geológico-estruturais efectuados na última década (Araújo, 1995), justificam, porém, a re-avaliação dos dados disponíveis, porquanto levantam novas interpretações geodinâmicas, algumas das quais com importantes repercussões metalogenéticas.

À luz dos novos dados cartográfico-estruturais, as explorações mineiras são enquadradas por litologias pertencentes a duas unidades cartográficas principais, assim definidas por Araújo (1995): 1) Unidade de Azenha da Rabadoa que, corresponde a um manto alóctone e compreende uma sequência de metatufos e metatufitos ácidos, por vezes bandados, com granularidade variável e texturas porfiroclásticas ou porfíricas relíquia; e 2) Unidade da Mina do Pequito, subjacente à unidade anterior, predominantemente constituída por anfíbolitos metassomatizados, rochas carbonatadas e calcoxistentas. Na região de Pedrógão (fig.1), esta sequência aflora em alguns dos núcleos anticlinais atribuíveis à segunda fase de deformação varisca. Em termos de geologia mineira, importa mencionar que: 1) as massas de minério magnetítico se desenvolvem exclusivamente no seio da Unidade da Mina do Pequito, sendo preferencialmente enquadradas por anfíbolitos com metassomatismo pronunciado (incluindo carbonatização de intensidade variável); 2) as principais massas de minério ocorrem na proximidade do carreamento que coloca em contacto as duas Unidades acima referidas; e que 3) os processos metalogenéticos responsáveis pelos minérios magnetíticos são anteriores à instalação/arrefecimento do granito de Pedrógão (308±4 Ma – Carvalho, 1971), na medida em que esta intrusão, corta a superfície de carreamento associada à instalação do manto de rochas quartzo-feldspáticas.

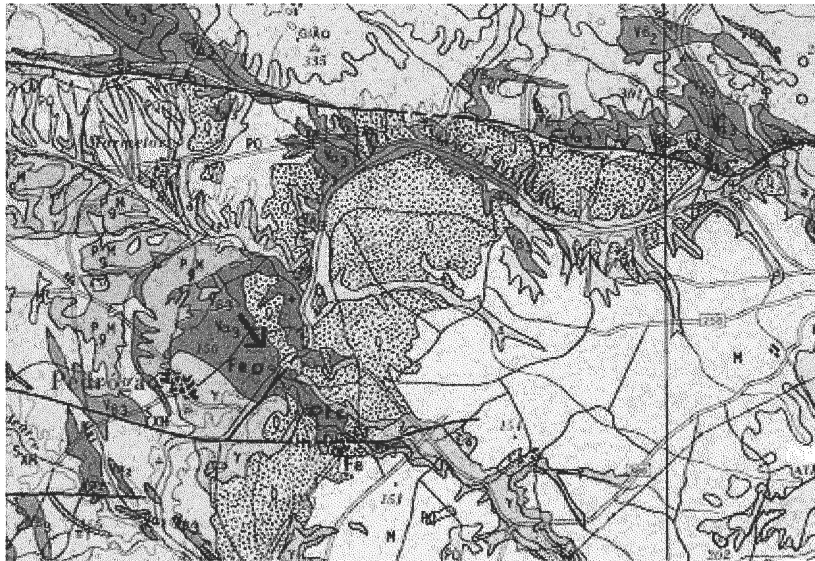


Fig. 1 – Excerto da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200.000, folha 8. A seta indica a localização da área estudada (a – aluviões; Q – terraços fluviais; M – miocénico; Pgm – Paleogénico; γ - granito; Sxm – xistos sericito-cloríticos; $V\alpha 3$ – metavulcanitos ácidos; $V\beta 3$ – metavulcanitos básicos).

2. Novos dados de campo

Na área de Azenhas II (fig. 2), o contacto tectónico entre as duas unidades referidas representa o principal elemento estrutural; o plano de movimento, se bem que ondulado, apresenta pendor suave ($< 45^\circ$) para N ou NE e direcção média WNW-ESE. Várias são as evidências de campo que suportam uma movimentação polifásica desta estrutura em distintos regimes de deformação. A cataclase intensa que frequentemente se observa, atribuível aos eventos de reactivação tardia em regime frágil, oblitera na maior parte dos casos os critérios cinemáticos desenvolvidos em eventos de cedência anteriores, embora o exame detalhado de vários segmentos da estrutura revele a preservação quer de estruturas C-S precoces denunciadoras de transporte para o quadrante N-NW, quer de outros marcadores cinemáticos estabelecidos posteriormente, indicando deslocamento para W-SW. Importa mencionar que, na vizinhança imediata do plano de carreamento, os metatufos apresentam uma foliação média $N60W, 30NW$ e lineação de estiramento $30^\circ, N5E$.

Nos anfíbolitos identificam-se vários acidentes de direcção geral sensivelmente E-W e inclinação média de 35° para N, separando, geralmente domínios com metassomatismo distinto, macroscopicamente denunciado pelo maior ou menor enriquecimento em magnetite, ou em epidoto, ou ainda em carbonatos (frequentemente associados a serpentinas); as zonas carbonatizadas desenvolvem-se preferencialmente na proximidade dos acidentes com movimentação polifásica. A maioria destes acidentes apresenta critérios de cisalhamento para SW, truncando por vezes acidentes anteriores, menos inclinados. A deformação tangencial mais tardia está associada a uma lineação de estiramento $N30-40E$ e a dobras mesoscópicas, apertadas e redobradas, preservadas nalgumas faixas de maior movimento. Estes acidentes intersectam ainda fendas paralelas a uma clivagem precoce, preenchidas por agregados filitosos (serpentiníticos) com crescimento em pente.

Um dos acidentes mais importantes intra-anfíbolitos, constitui o limite superior de uma faixa subvertical de intensa brechificação (hidráulica?)/alteração precoce dos anfíbolitos onde se reconhecem finas disseminações de pirite \pm pirrotite \pm calcopirite ao longo dos fi-

lonetes anastomosados (fig. 3). Em posição suprajacente observam-se anfibolitos pouco metassomatizados, distintos dos que constituem a base da sequência aflorante e que se encontram afectados por acidentes cisalhantes N60-64W, 55°-60°N, em cujos planos de movimento se desenvolvem estrias (52°-55°, N40-44E) marcadas por crescimento de anfíbola tremolítica. Estas relações geométricas, documentam a existência de condições propícias ao desenvolvimento de processos metassomáticos num estágio evolutivo anterior à reactivação das estruturas com sentido de transporte para SW e ao sobre-espessamento tectónico da sequência.

Os acidentes subhorizontais intra-anfibolitos são por vezes cortados por estruturas subverticais (>75°N) de direcção geral WNW-ESE, às quais se associam bandas metassomáticas irregulares (por norma ricas em magnetite ± dolomite), identificando-se ainda raros acidentes subverticais de rumo geral N70-80E sublinhados por precipitados minerais aparentemente devidos a incrementos tardios do complexo processo metassomático registado pelas rochas anfibolíticas. Note-se que estes acidentes nunca intersectam o carreamento que estabelece o contacto entre as Unidades da Mina do Pequito e da Azenha da Rabadoa.

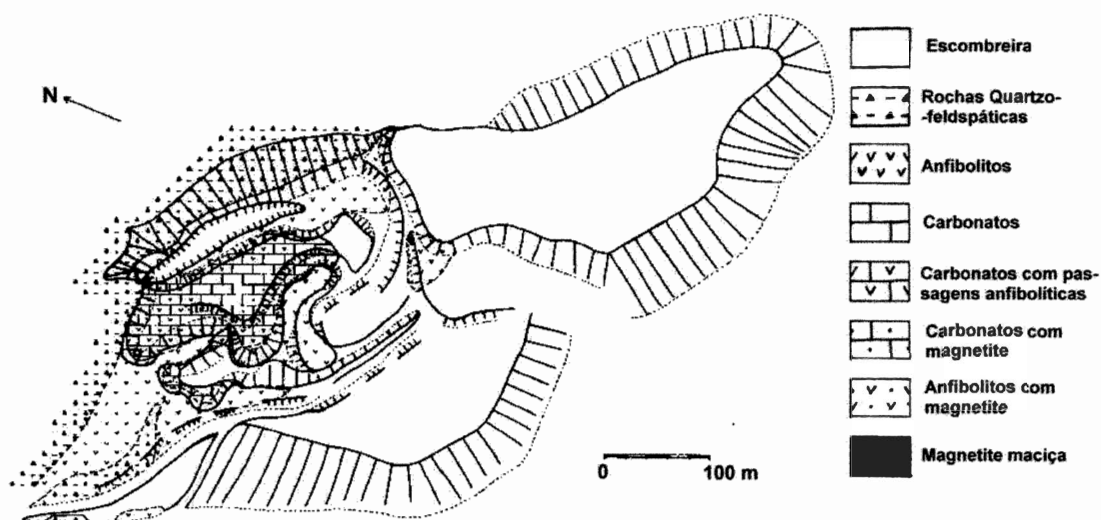


Fig. 2 – Planta da área onde se realizaram os levantamentos de detalhe (Mina Azenhas 2).

3. Síntese dos dados de petrografia e de litogeoquímica

3.1. Rochas quartzofeldspáticas

A Unidade da Azenha da Rabadoa corresponde a metatufos porfiroclásticos de natureza siliciosa fortemente deformados e recristalizados na fácies dos xistos verdes ou mesmo na transição para a fácies anfibolítica. Bandados composicionais incipientes, podem ainda ser reconhecidos em alguns dos exemplares estudados, particularmente nos que apresentam uma percentagem significativa de anfíbola e se posicionam na proximidade do carreamento basal. A paragénesis mineral essencial dos metatufos compreende quartzo, feldspato alcalino, plagioclase e fengite, a qual é complementada por quantidades acessórias de zircão, anfíbola calco-magnesiânica e de ilmenite; o epidoto, alanite, calcite e clorite ocorrem ocasionalmente. O quartzo apresenta sempre indícios claros de cedência intracristalina (inferidos com base na extinção ondulante e nas raras bandas de deformação intracristalina), sendo o seu endurecimento heterogéneo vulgarmente complementado por recuperação/re-

cristalização assinalável, de tal modo que o achatamento global do agregado cristalino define um *fabric* planar subparalelo à foliação da rocha, particularmente evidente nos domínios adjacentes ao carreamento basal. A deformação plástica do quartzo contrasta com o comportamento frágil dos porfiroclastos de plagioclase e de feldspato alcalino.

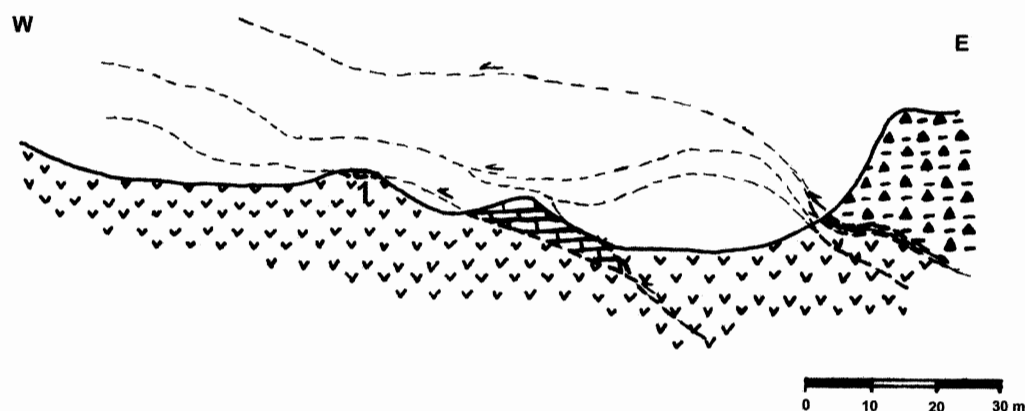


Fig. 3 – Corte esquemático, representativo da estrutura geral da antiga mina de ferro Azenhas II (vide legenda da fig. 2). 1 – Zona de brechificação com pirite, pirrotite e calcopirite disseminadas em filonetes.

As características geoquímicas apresentadas pelas rochas quartzo-feldspáticas, permitem classificar estas litologias como tufos riolíticos muito evoluídos, comparáveis aos que Ribeiro *et al.*, (1992) descrevem para a região de Ficalho. Sugere-se, portanto, que aquele Complexo autóctone de idade ordovícica provável, constitua a zona de raiz do manto tardio observado no sector enquadrante da área Azenhas II.

3.2. Anfibolitos

As rochas anfibolíticas são, do ponto de vista textural e mineralógico, bastante heterogêneas devido à progradação variável dos processos metassomáticos que, relacionados com a gênese da mineralização magnetítica, se estabeleceram durante a retrogradação metamórfica, anteriores à instalação do manto de rochas quartzo-feldspáticas. Assim se explica a presença de domínios separados mecanicamente através de acidentes que, macroscopicamente, se mostram muito enriquecidos em magnetite ou em epidoto ou ainda em dolomite-anquerite. Raros são os casos em que se pode observar as texturas porfiroblásticas precoces (*i.e.*, anteriores ao metassomatismo polifásico experimentado pelas rochas anfibolíticas), denunciadas por porfiroblastos de natureza albítica predominante.

A análise petrográfica revela que os processos de retrogradação metamórfica/metassomatismo destroem a maioria das relações texturais precoces, apesar dos escassos domínios preservados permitirem identificar um protólito fortemente recristalizado e relativamente rico em quartzo; nestes domínios, os cristais de anfibola calco-magnésiana e de albite, com contactos bem marcados, encontram-se em equilíbrio textural. As rochas em causa são, assim, fundamentalmente constituídas por anfibola, albite, quartzo, epidoto, magnetite e esfena, ocorrendo ainda ocasionalmente relíquias de piroxena e de espinela cromífera.

Procurar uma assinatura geoquímica comum nas análises de rocha total obtidas para os anfibolitos aflorantes na área de Azenhas II não só se afigura difícil, como discutível, mercê

da forte heterogeneidade dos efeitos atribuíveis aos processos metassomáticos que afectaram estas rochas. Ainda assim, julgamos que a caracterização petrográfica efectuada permite compreender muitas das variações composicionais evidenciadas pela simples leitura comparativa dos resultados analíticos. O recurso às abundâncias relativas em Th, Hf e Ta e ao diagrama discriminante proposto por Wood (1980), indica que os anfibolitos de Azenhas II se distribuem pelos campos de basaltos orogénicos e de tipo MORB-E. Aparentam ser distintos dos metabasitos do Complexo Vulcano-sedimentar de Ficalho (Ribeiro *et al.*, 1992) e dos anfibolitos aflorantes no sector de S. Lourenço (*e.g.* Araújo, 1995), os quais se projectam no campo dos basaltos E-MORB. A construção dos diagramas multi-elementares normalizados relativamente aos condritos patentes, precisa um pouco melhor as diferenças entre os três conjuntos de rochas, salientando-se o facto:

1) dos metabasitos de Ficalho apresentarem anomalias mais pronunciadas em Zr e Y, positivas, e em Ti, negativas, que as distribuições relativas aos anfibolitos de S. Lourenço, indicando uma assinatura intra-placa para as primeiras, análoga à apresentada por toleitos continentais não associados a margens passivas, como é sugerido por Ribeiro *et al.* (1992);

2) das distribuições relativas aos anfibolitos de S. Lourenço descreverem assinatura geoquímica similar à indicada para basaltos MORB, o que tem sido um dos argumentos utilizados para interpretar tais rochas como escamas ofiolíticas (*e.g.*, Araújo, 1995);

3) dos anfibolitos de Azenhas II (excluindo os dois exemplares com forte carbonatização e abundante deposição de magnetite), evidenciarem fortes anomalias negativas em Ta e em Ti, idênticas às dos basaltos de arco-insular, admitindo que o acentuar da anomalia negativa em titânio ocorreu tardiamente, aquando do estabelecimento dos processos metassomáticos síncronos da deposição de magnetite.

Conclusões semelhantes podem ser retiradas com base na análise das razões Zr/Y, Ta/Yb, Th/Yb, (La/Sm)_{CN} e (La/Yb)_{CN} (estas últimas normalizadas relativamente aos condritos), as quais são, em média, sempre mais elevadas para os anfibolitos de Azenhas II, afastando-se dos valores tidos como vulgares para os basaltos N/T-MORB (Quadro I). Tal facto, introduzindo algumas variações nos padrões normalizados de elementos do grupo das terras raras relativamente aos condritos, reflecte a apetência de muitos dos minerais secundários em fixar HREE, por vezes também Eu, o que se afigura consistente com o decréscimo significativo das concentrações nestes elementos químicos e com os distintos padrões normalizados de REE obtidos para os exemplares carbonatizados, com abundante magnetite. Note-se ainda que, mesmo sem efeitos químicos imputáveis a processos metassomáticos intensos sin a tardi-cinemáticos, a dinâmica de fluidos correlativa dos mecanismos de deformação cisalhante a temperaturas moderadas é capaz de promover variações acentuadas nas concentrações em REE.

QUADRO I

Razões entre alguns oligoelementos (intervalos de variação e valores médios) para os anfibolitos de Azenhas II, S. Lourenço (Araújo, 1995), Complexo Ofiolítico de Beja Acebuches (BAOC, Quesada *et al.*, 1994) e para os metabasitos da região de Ficalho (Ribeiro *et al.*, 1992).

	Zr/Y	Ta/Yb	Th/Yb	(La/Sm) _{CN}	(La/Yb) _{CN}
Azenhas II (*)	1.69 – 5.46	0.30 – 0.54	0.26 – 1.01	0.40 – 6.75	0.84 – 9.35
S. Lourenço	5.29	0.31	0.26	1.40	1.80
BAOC	4.26		0.68	0.92 – 2.21	1.13 – 3.61
Ficalho	6.70	0.28	0.32	1.46	2.07

(*) os intervalos de variação excluem os valores obtidos para os dois exemplares fortemente metassomatizados.

Do exposto se depreende que o protólito das rochas anfibolíticas em estudo dificilmente é comparável ao precursor ígneo dos metabasitos de Ficalho. Admitindo correcto atri-

buir uma filiação oceânica aos anfibolitos de Azenhas II, a sua comparação com os anfibolitos preservados em S. Lourenço pode ser efectuada, desde que se considere: 1) o carácter geoquímico de transição entre basaltos de fundo oceânico e basaltos orogénicos, evidenciado em vários estudos de natureza petrogenética e geodinâmica (e.g. Quesada *et al.*, 1994 e referências citadas), talvez ligeiramente modificado durante os processos metassomáticos posteriores; e/ou 2) que algumas das características geoquímicas manifestadas pelos anfibolitos de Azenhas II tenham sido adquiridas durante a imbricação tectónica pós-obdução via contaminação crustal (e.g. Wilson, 1989).

3.3. Rochas carbonatadas e calcoxistentas

As rochas carbonatadas mais "límpidas" ocorrem ao longo de uma estreita faixa na zona central da mina, limitada a tecto e a muro por acidentes tectónicos subhorizontais com evidências de movimentação polifásica. Apresentam recristalização heterogénea e natureza dolomítica predominante, sendo ainda assinalável o seu enriquecimento relativo quer em relíquias de silicatos – piroxenas diopsídicas e hornblendas magnesianas, em particular – quer em magnetite. A transição, para os anfibolitos metassomatizados processa-se de forma gradual, permitindo o desenvolvimento de texturas muito diversas, reflectindo a heterogeneidade dos efeitos decorrentes da deformação e/ou alteração hidrotermal experimentada pelos anfibolitos (muito evidente na vizinhança dos acidentes tectónicos). Assim se explica a presença de rochas calcoxistentas (localmente ricas em minerais do grupo das serpentinas) a tecto da faixa carbonatada, passando a anfibolitos fortemente carbonatizados. Mais se explica o contacto irregular que se estabelece localmente a muro, entre carbonatos e anfibolitos metassomatizados, ambos com abundante magnetite disseminada. Refira-se ainda que, nos calcoxistos, a magnetite define geralmente um bandado subparalelo aos acidentes precoces. A variabilidade composicional dos principais minerais relíquia contidos nestas rochas ilustra a sua relação de dependência com os anfibolitos. As análises químicas das rochas carbonatadas revelam-se consistentes com as características petrográficas e mineralógicas, salientando-se um enriquecimento relativo em Fe, Mn, Ti, Zn, V e Cr nos exemplares enriquecidos em magnetite disseminada.

3.4. Minério magnetítico

Os levantamentos geológicos detalhados permitiram identificar três tipos de minério magnetítico texturalmente distintos que se desenvolvem em diferentes contextos litológico-estruturais, a saber: 1) minério maciço, formando massas irregulares no seio de anfibolitos metassomatizados com incipiente carbonatização; 2) minério bandado, que ocorre associado aos domínios de intensa carbonatização das rochas anfibolíticas, e 3) minério brechificado, que ocorre na dependência directa dos acidentes frágeis tardios. Nos vários tipos de minério, a magnetite predomina, apresentando incipiente martitização e quimismo muito homogéneo. Os domínios intersticiais do minério maciço são ocupados por silicatos, maioritariamente de natureza anfibolítica calco-magnesiana. Merecem ainda referência os agregados filitosos que substituem parcialmente as anfíbolos, dada a sua abundância relativa: os de natureza lizardítica são os mais vulgares embora a sua composição se afaste ligeiramente da que idealmente representa aquela serpentina, como aliás acontece nos calcoxistos. As amostras de minério analisadas, representando os três tipos descritos, revelam uma assinatura química consistente com a sua constituição mineralógica, salientando-se em termos de elementos maiores o enriquecimento relativo em CaO do minério bandado, dada a abundância de carbonatos, e em alumina nos restantes tipos de minério, graças à presença dos vários silicatos.

4. Conclusões

O presente trabalho corrobora as interpretações apresentadas por Araújo (1995) e revela que os metatufos pertencentes à Unidade de Azenha da Rabadoa assentam tectonicamente sobre as rochas anfibolíticas metassomatizadas constituintes da Unidade da Mina do Pequito. Mostra também de forma clara que este carreamento apresenta movimentação polifásica, evidenciando um sentido de transporte precoce para N-NW, atribuível ao primeiro evento da segunda fase de deformação varisca (F2a). Os critérios cinemáticos indicativos de deslocamentos para SW (F2b) são, contudo, mais frequentes. No seio dos anfibolitos, identificam-se numerosos acidentes de baixo ângulo com deslocamento para o quadrante SW (F2b) que, levando à repetição da sequência litológica, permitem o estabelecimento de condições físicas propícias à circulação de fluidos responsáveis por parte do metassomatismo (carbonatização, em particular) observado. Desta forma, as estruturas geradas em F2b aparentam ser mais importantes, condicionando em larga medida a preservação do registo cinemático devido a incrementos de deformação precedentes. Note-se, porém, que todos estes acidentes truncam estruturas cisalhantes subhorizontais precoces com cinemática imprecisa, bem como outros tipos de discontinuidades planares intimamente associadas a processos metassomáticos que se estabeleceram em estádios evolutivos anteriores. Daqui se deduz que a instalação do manto de metatufos é posterior ao desenvolvimento de toda uma série de processos conducentes à deformação, recristalização e metassomatismo da sequência anfibolítica subjacente. Os dados de petrografia e de litogeoquímica, embora escassos, sugerem que os metatufos ácidos sejam equivalentes aos tufos riólíticos do Complexo Vulcano-sedimentar da região de Ficalho. Assim, este Complexo autóctone deverá constituir a zona de raiz da Unidade da Azenha da Rabadoa, pelo que a sequência anfibolítica hospedeira das mineralizações magnetíticas dificilmente poderá constituir um equivalente dos metabasitos inclusos neste mesmo Complexo. Tal inferência, compatível com os dados petrográfico-mineralógicos actualmente disponíveis, encontra igualmente eco na assinatura geoquímica evidenciada pelos exemplares menos metassomatizados, permitindo estabelecer uma correlação entre os anfibolitos constituintes da Unidade da Mina do Pequito e os retalhos alóctones de natureza ofiolítica, como o que aflora em S. Lourenço. Aceitando esta interpretação, e tendo em conta a coluna litoestratigráfica proposta para a região de Montemor-Ficalho (Oliveira *et al.*, 1991), a sequência anfibolítica examinada fará parte de um conjunto de mantos com enraizamento a Sul, carregados durante os primeiros incrementos de deformação varisca (F1+F2a) sobre os níveis inferiores do Complexo Vulcano-sedimentar de Ficalho, já que, conforme refere Carvalho (1971), as sondagens realizadas na Mina de Orada nunca intersectaram a Formação Dolomítica. A génese das mineralizações magnetíticas poderá ser interpretada como resultado do gradiente inverso de temperatura estabelecido durante o empilhamento de rochas basálticas metamorfizadas na fácies anfibolítica sobre litologias metassedimentares, provavelmente em condições P-T de transição entre as que caracterizam as fácies zeolítica e dos xistos verdes, segundo o modelo genérico apresentado por Beach & Fyfe (1972) e Fyfe & Kerrich (1985). Nestas circunstâncias, e antes do equilíbrio térmico ser atingido, criam-se condições propícias à desidratação e recristalização da sequência autóctone, libertando-se grandes quantidades de fluidos aquo-carbónicos que irão retrogradar e oxidar as litologias alóctones, solubilizando ainda quantidades apreciáveis de sílica. Uma vez que a deformação imposta por F2b reforça a natureza imbricada da estrutura global, o fluxo ascendente de fluido deverá permanecer por tempo suficientemente lato, determinando a precipitação de magnetite em equilíbrio com silicatos calco-magnesianos e, mais tardiamente, de silicatos magnesianos deficientes em sílica. Na

proximidade do carreamento que coloca os metatufos sobre os anfibolitos já modificados, outro tipo de reacções químicas deverão ter lugar, se bem que mais efémeras, mercê do menor contraste térmico entre as duas sequências litológicas, mas seguindo um padrão evolutivo análogo. Assim: 1) se justifica a cronologia relativa entre o percurso de retrogradação metamórfica e os processos metassomáticos experimentados pelos anfibolitos; 2) se explica a distribuição espacial de domínios rochosos alvo de metassomatismo de intensidade variável e a relação preferencial entre os halos de carbonatização e os acidentes de baixo ângulo devidos a F2b; 3) se entende, à escala microscópica, quer o complexo padrão de alteração evidenciado pelas espinelas pré-existentes nas rochas anfibolíticas, quer o desenvolvimento relativamente tardio de agregados de lizardite e de carlosturanite provável, para além da relativa escassez de clorite magnésiana. Embora este modelo explique um largo espectro de elementos estruturais, geoquímicos e mineralógicos, a sua aplicação a uma área mais vasta requer a aquisição de dados complementares.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e as discussões frutuosas tidas com J. M. Munhá a propósito de muitos dos assuntos versados neste trabalho, o qual se desenvolveu no âmbito do projecto PBICT/P/CTA/2113/95 – REDIBER, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Referências bibliográficas

- Araújo, A. (1995) – Estrutura de uma geotransversal entre Brinches e Mourão (Zona de Ossa-Morena): implicações na evolução geodinâmica da margem sudoeste do Terreno Autóctone Ibérico. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, na especialidade em geologia Estrutural. Dep. Geoc. Univ. de Évora, 200 pp.
- Araújo, A.; Ribeiro, A. (1995) – Tangential Transpressive Strain Regime in the Évora-Aracena Domain (Ossa Morena Zone). *Buletin Geológico y Minero*, Vol. 106-2: 111-117.
- Beach A., Fyfe W.S. (1972) – Fluid transport and shear zones at Scourie, Sutherland: evidence of overthrusting. *Contrib. Mireal. Petrol.*, 36: 175-180.
- Carvalho, D. (1971) – Observações sobre os jazigos de ferro da área Pedrógão-Orada. *I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica, Madrid-Lisboa*. Tomo I: 519-537.
- Carvalho, D.; Goinhas, J.; Oliveira, V.; Ribeiro, A. (1971) – Observações sobre a Geologia do Sul de Portugal e consequências metalogenéticas. *Est. Notas e Trab. Serv. Fom. Min.* 20, (1-2): 153-199.
- Fyfe W.S., Kerrich R. (1985) – Fluids and thrusting. *Chemical Geology*, 49: 353-362.
- Guggenheim S., Eggleton R.A. (1988) Crystal chemistry, classification, and identification of modulated layer silicates. In: *Hydrous Phyllosilicates (exclusive of micas)*, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Soc. of Am., 19: 675-725.
- Matos, J.; Araújo, A.; Mateus, A. (1998) – Cartografia de detalhe e controle estrutural das mineralizações na região de Pedrógão-Orada. *4ª Conferência Anual do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica, Geólogos nº 2*: 101-104.
- Neiva, J.M.C. (1952) – Les Mineraux de Fer Portugais. *Est. Not. E Trab. Serv. Fom. Min.*, 7(3-4): 281-293.
- Oliveira J.T., Oliveira V., Piçarra J.M. (1991) – Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa-Morena, em Portugal. *Cuadernos Lab. Xeológico de Laxe*, 16: 221-250.
- Quesada C., Fonseca P., Munhá J., Oliveira J.Y., Ribeiro A. (1994) – The Beja-Acebuches Ophiolite (Southern Iberia Variscan fold belt): geological characterization and geodynamic significance. *Bol. Geol. Y Min.*, 105(1): 3-49.
- Silva, J. B. (1997) – Geodinâmica ante-mesozóica do sector oeste da Zona de Ossa-Morena e regiões limítrofes: síntese com base em recentes observações. Estudo sobre a geologia da Zona de Ossa-Morena. *Homenagem ao Prof. Francisco Gonçalves*. A. Araújo & M. F. Pereira (Eds.), Universidade de Évora: 231-263.
- Silva, J.M. (1945) – Gisements de Fer du Sud du Portugal. *Est. Notas e Trab. Serv. Fom. Min.*, 4: 31-42.
- Ribeiro M.L., Mata J., Piçarra J.M. (1992) – Vulcanismo bimodal da região de Ficalho: características geoquímicas. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 78(2): 75-85.
- Rollinson H. (1993) – *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Group: 352 pp..
- Wicks F.J., O'Hanley D.S. (1988) Serpentine minerals: structures and petrology. In: *Hydrous Phyllosilicates (exclusive of micas)*, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Soc. of Am., 19: 91-168.
- Wilson A. (1989) – *Igneous petrogenesis. A global tectonic approach*. Chapman & Hall: 466 pp.