



## DINÂMICA DE FLUIDOS TARDI-VARISCA; CONSTRANGIMENTOS GEODINÂMICOS E IMPLICAÇÕES METALOGENÉTICAS

A. Mateus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dep Geologia, CREMINER, Faculdade de Ciências-Universidade de Lisboa, Edifício C2, Piso 5, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

### ABSTRACT

Accurate scientific documentation is needed to real understand the geological processes active in all the SW Iberian Terranes during Late-Variscan times (ca. 312 to 270/260 Ma). Many similarities exist between the evolution experienced by the *Central-Iberian Zone (CIZ)* and the remaining Terranes; these should be properly investigated in the near future. According to the available data for *CIZ*, distinct, long-lived geochemical systems were sustained by successive hydrothermal fluid fluxes whose circulation was mainly driven by surface heat flow anomalies caused by Late-Variscan crustal uplift. Consequently, different ore-forming systems were developed, being structurally controlled by the major Late-Variscan fracture systems (N25±25 e N80±20).

### INTRODUÇÃO

Os processos geológicos activos no intervalo de tempo vulgarmente denominado “Tardi-Varisco” afiguram-se de extraordinária importância para a compreensão global das derradeiras etapas evolutivas experimentadas pela Orogénese Varisca na Europa. Estes processos revelam-se ainda fundamentais ao entendimento de muitos parâmetros que condicionaram o desenvolvimento de diferentes sistemas geradores de recursos minerais (metálicos, em particular), muitos dos quais integram extensas províncias metalogenéticas cujo valor histórico-económico se encontra largamente documentado. Subsistem, contudo, numerosos problemas por resolver, não obstante os esforços realizados nas últimas décadas no sentido de responder a várias e fundamentais questões colocadas quer no contexto do Orógeno Varisco em geral, quer no âmbito específico da evolução dos Terrenos do SW Ibérico. A presente tentativa de síntese fundamenta-se na análise global dos elementos actualmente disponíveis para os Terrenos do SW Ibérico (agrupando, de Norte para Sul, a Zona Centro-Ibérica - **ZCI**, a Cintura Tomar-Badajoz-Cordova - **CTBC**, a Zona de Ossa-Morena - **ZOM**, o Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches - **COBA** e a Zona Sul-Portuguesa - **ZSP**). Com esta síntese procura-se encontrar os principais traços de uma evolução geológica comum (com significado regional), dando especial atenção aos que marcaram de forma indelével o estabelecimento das principais relações causa-efeito intrinsecamente relacionadas com a génese de anomalias geoquímicas metalíferas.

### O PERÍODO TARDI-VARISCO

Existe ainda alguma polémica acerca do intervalo de tempo que verdadeiramente confina o período Tardi-Varisco. De acordo com os trabalhos de RIBEIRO (1974) e de ARTHAUD & MATTE (1975), por exemplo, o período Tardi-Varisco no SW da Europa refere-se ao intervalo de tempo compreendido entre os 310 e 270 Ma. Na **ZCI**, tal significa o momento da evolução geológica subsequente à terceira fase de deformação varisca (D3) durante o qual se criaram condições propícias à intensa fracturação do soco e ao desenvolvimento de numerosos corredores de desligamento. A recente determinação da idade de moscovites inclusas em rochas de falha (diques aplíticos e precipitados hidrotermais) pelo método K-Ar permitiu posicionar a idade dos primeiros incrementos da fracturação Tardi-Varisca no domínio português da **ZCI** em torno dos 312 Ma (MARQUES *et al.*, 2001a,b). Neste mesmo domínio do orógeno, a referida fracturação afecta frequentemente granitóides datados de 270 Ma (DALLMEYER *et al.*, 1997 e referências citadas), pelo que, em concordância com MARQUES *et al.* (*em prep.*), o período Tardi-Varisco na **ZCI** deverá prolongar-se um pouco para além dos 270 Ma (até aos 260 Ma?). Para GONZÁLEZ-CASADO *et al.* (2000), porém, a nuclea-

ção e propagação da profusa rede de fracturas que caracteriza o período Tardi-Varisco no sector E do Sistema Central Ibérico desenrolou-se de forma bem mais limitada no tempo, nomeadamente entre os 300 e os 290 Ma. Face aos dados apresentados por estes autores e, mais recentemente, por TORNOS *et al.* (2000), não se pode excluir a possibilidade de haver uma variação significativa para a idade que baliza o limite superior do período Tardi-Varisco ao longo da direcção apresentada pela Cadeia Varisca na Ibéria. Para os restantes Terrenos do SW Ibérico, os dados geocronológicos disponíveis relativamente ao período Tardi-Varisco são bem mais escassos, pelo que, como primeira aproximação, se afigura aceitável o intervalo de tempo acima referido, *i.e.*, *ca.* 312 a 270/260 Ma. Note-se que este intervalo de tempo é consistente com as inferências cronológicas decorrentes de diversos ensaios de correlação efectuados para vários domínios da **ZOM**, **CTBC** e **COBA** (vidé, *e.g.*, FONSECA, 1995 e ARAÚJO, 1995, para discussão), sendo ainda compatível com a maioria das soluções obtidas para a **ZSP** (*e.g.*, RIBEIRO & SILVA, 1983; PEREIRA, 1999).

## REDE DE FRACTURAS TARDI-VARISCA

Independentemente das imprecisões que ainda possam subsistir na definição do intervalo de tempo que limita o período Tardi-Varisco, é desde há muito consensual que durante este se estabeleceram condições adequadas a um incremento muito significativo da permeabilidade do meio rochoso. Estas não são alheias aos efeitos resultantes do rápido *uplift* crustal que se faz sentir após *ca.* 300 Ma, o qual condiciona o posicionamento relativo da transição dúctil-frágil e, bem assim, o nível crustal onde os diferentes corpos graníticos se vão instalar principalmente entre os *ca.* de 315 e 280 Ma (VIGNERESSE, 1999; MATEUS & NORONHA, 2001). Com efeito, os contrastes termo-mecânicos gerados nos bordos das intrusões favorecem o desenvolvimento de corredores de cisalhamento dúctil – semi-dúctil que, acomodando preferencialmente a deformação, constituem zonas de elevada debilidade estrutural cruciais à nucleação subsequente da rede de desligamentos tardi-variscos (REAVY, 1989; MATEUS, 1995; MARQUES & MATEUS, 1998). Concomitantemente, o levantamento das geotérmicas desencadeado pelo rápido levantamento crustal cria gradientes térmicos acentuados capazes de sustentar intensa dinâmica de fluidos em toda a crosta sismogénica durante alguns milhões de anos, localmente reforçada pela que se encontra na dependência directa dos processos de arrefecimento dos corpos graníticos (MATEUS *et al.*, 1995; NORONHA *et al.*, 2000; MATEUS & NORONHA, 2001). Desta forma, o facto da grande maioria dos cisalhamentos sin- a tardi-D3 se desenvolver nas faixas de transição entre fácies graníticas diacronicamente instaladas e/ou ao longo dos contactos estabelecidos entre os corpos ígneos e o encaixante metassedimentar, não é ocasional. Também não se afiguram fortuitas muitas das evidências de campo que documentam o controlo geométrico localmente exercido por muitos destes cisalhamentos no traçado de importantes segmentos dos desligamentos tardi-variscos. Nem tão pouco se revela intrigante o facto da esmagadora maioria destas últimas zonas de falha apresentarem abundantes precipitados minerais neoformados (muitos deles mineralizados) ao longo da sua extensão, reflectindo a sua grande importância na canalização de consideráveis volumes de fluido hidrotermal. Neste contexto, e tendo em conta os propósitos da presente síntese, acresce mencionar que, apesar do registo geológico desta evolução geodinâmica se encontrar relativamente bem preservado na **ZCI** (domínio orogénico em que o levantamento crustal se fez sentir com especial intensidade), existem numerosas evidências que permitem inferir a acção de processos similares durante o período Tardi-Varisco nos restantes Terrenos do SW. De entre estas evidências destacam-se, por razões que se prendem apenas com o objectivo deste trabalho, as características geométricas e cinemáticas evidenciadas pelas estruturas que compõem a rede de fracturação tardi-varisca, bem como as condições P-T em que se geraram as rochas de fa-

lha preservadas em muitos dos corredores estruturais reconhecidos cartograficamente (para informações complementares veja-se, *e.g.*, MATEUS *et al.*, 1995; GONÇALVES *et al.*, 1997; MATEUS *et al.*, 1997, 1998a, 1999a; MARQUES & MATEUS, 1998; MARQUES *et al.*, 2001b). Conforme é sublinhado por MARQUES *et al.* (*em prep.*), esta evolução comum justifica-se também pelo facto da compressão regional Varisca (ENE-WSW–)NE-SW ter actuado de forma relativamente contínua desde, pelo menos, *ca.* 320-315 Ma (a idade atribuída aos dobramentos D3 da **ZCI** – DALLMEYER *et al.*, 1997) até *ca.* 290-280 Ma (a idade das dobras com vergência para SW e dos carreamentos maiores na **ZSP** – PEREIRA, 1999), não se excluindo a possibilidade dos seus efeitos se fazerem sentir ainda durante o Autuniano (280-260 Ma). Entende-se, desde modo, o desenvolvimento preferencial dos sistemas conjugados de desligamentos N25±25, direito, e N80±20, esquerdo, provavelmente após a génese dos sistemas também conjugados, mas geralmente menos bem representados, N150±20, direito, e N120±15, esquerdo. O estabelecimento desta importante rede de paleocirculação de fluidos precede, então, o evento compressivo tardio (WNW-ESE–)E-W, colocado em evidência por alguns autores (*e.g.* RIBEIRO *et al.*, 1980; RIBEIRO, 1983) e posicionado, por correlação, entre os *ca.* 280 a 220 Ma.

#### PRECIPITADOS HIDROTERMAIS

Regra geral, os segmentos maiores das principais zonas de falha desenvolvidas no período Tardi-Varisco compreendem espessos preenchimentos siliciosos que se apresentam descontínuos segundo a direcção e o pendor, e apresentam desenvolvimento polifásico. Nos casos específicos da **ZOM** e **ZSP** são também bastante comuns os precipitados hidrotermais variavelmente brechificados e maioritariamente constituídos por agregados polifásicos de carbonatos (predominando as associações anquerite + siderite ± calcite e calcite ± dolomite). O exame detalhado destes precipitados hidrotermais revela ainda que os mesmos incorporam frequentemente diferentes tipos de rochas de falha, incluindo (proto-)milonitos, ultracataclasitos e diferentes tipos de brechas passíveis de agrupamento em diversos tipos consoante a natureza mineralógica da sua matriz e as características dos fragmentos nelas inclusos. Frequentemente, os precipitados hidrotermais controlados por estruturas pertencentes aos sistemas N25±25 e N80±20 hospedam diversos tipos de mineralizações, particularmente as que se traduzem pelas associações geoquímicas Au-Ag(-As-Sb-Pb), Sb-Au(-Pb-Cu), Pb-Zn, Sb-Cu(-Pb-Zn-Au), ou Cu(-Pb-Zn-Ag), esta última bem representada em certos sectores da **ZOM** e **ZSP**. Atendendo aos objectivos do presente trabalho, apenas se considerarão os precipitados hidrotermais mais comuns por forma a procurar os elementos de maior representatividade regional e, assim, identificar os estádios evolutivos correlativos dos principais fluxos de fluido hidrotermal. Excluir-se-ão, portanto, as informações que, de alguma forma, traduzam a singularidade própria de cada sistema hidrotermal. Detalhes sobre a evolução experimentada por muitos destes sistemas geoquímicos, em especial sobre aqueles com impacto nos processos geradores de recursos minerais na **ZCI**, podem ser encontrados em MATEUS (1997), BOIRON *et al.* (1997), NORONHA *et al.* (2000), TORNOS *et al.* (2000), NORONHA (2001) e em referências neles citadas. Para a **ZOM**, **COBA** e **ZSP**, informações complementares podem ser obtidas em CARVALHO (1982), OLIVEIRA (1988, 1992), CARVALHO & OLIVEIRA (1992), MATEUS *et al.* (1998b, 1999b), TORNOS *et al.* (1998), MATOS & ROSA (2000) e em referências por estes referidas.

Os agregados de quartzo leitoso-acinzentado, por vezes enriquecidos em moscovite e turmalina e contendo quantidades acessórias de apatite e arsenopirite, representam os primeiros precipitados hidrotermais identificados em muitas zonas de falha por toda a **ZCI** e em certos domínios da **ZOM**. Por norma, os grãos de quartzo destes agregados revelam forte extinção ondulante, bandas de

deformação e junções intergranulares indentadas; evidências de subgranulação inter- e intragranular podem ser indentificadas em muitos casos. Estes precipitados documentam a circulação de fluidos aquosos, magmático-derivados, saturados em sílica e enriquecidos em boro sob condições mínimas de temperatura em torno de  $400\pm 50^{\circ}\text{C}$  e pressões compreendidas entre 3 a 5 kbar. Tal representa, muito provavelmente, o registo dos derradeiros incrementos da actividade ígnea relacionada com a instalação dos diques aplíticos que frequentemente se processa ao longo de estruturas NE-SW.

Os vulgares preenchimentos maciços de quartzo leitoso, normalmente objecto de fracturação pronunciada, registam o estágio seguinte de circulação intensa de fluidos hidrotermais. Tal processa-se preferencialmente em *releasing bends* ou em domínios de resalto distensivo dos principais corredores de desligamento, ocorrendo também em fendas métricas de direcção ENE-WSW a NE-SW (muito frequentes na **ZCI**). Os agregados cristalinos compreendem grãos grosseiros de quartzo endurecido que, por norma, revelam fracturação intra-, inter-, e transgranular acentuada. À deposição do quartzo sucede, em muitos casos, a precipitação de sericite ou de carbonatos Mg-Fe; estes últimos, ocasionais nos precipitados hidrotermais geralmente preservados na **ZCI** e na **CTBC**, adquirem particular importância nos preenchimentos de falha usualmente identificados na **ZOM** e **COBA**. De acordo com os dados disponíveis para a **ZCI**, este 2º estágio hidrotermal envolve predominantemente fluxos de fluido aquo-carbónico de salinidade baixa a moderada ( $< 10$  wt% eq NaCl) sob condições P-T variáveis entre 3 e 3.5 kbar e  $450$  a  $325\pm 5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Tratam-se de soluções que, apenas inicialmente, deverão ter resultado de misturas em proporções variáveis de fluidos magmáticos residuais e de fluidos relacionados com processos de desgaseificação metamórfica subsequentemente equilibrados com metassedimentos carbonosos (justificando assim o seu enriquecimento variável em  $\text{CO}_2 \pm \text{CH}_4 \pm \text{N}_2 \pm \text{H}_2\text{S}$ ). Os principais estádios de circulação são, assim, largamente dominados por fluxos com origem na sequência metamórfica cuja assinatura composicional evolui no tempo, revelando-se particularmente sensível a variações redox e aos processos de ebulição desencadeados por eventos de despressurização na zona de falha. Tal interpretação afigura-se consistente com as recentes determinações isotópicas reportadas por TORNOS *et al.* (2000) para sistemas geoquímicos correlativos localizados no sector E do Sistema Central Ibérico, as quais permitem deduzir assinaturas muito variáveis em termos de  $\delta^{18}\text{O}$  (+4.7 a +9.3‰) e  $\delta\text{D}$  (-77 a -34‰) para os fluidos de filiação metamórfica.

A subsequente circulação de fluidos hidrotermais através dos segmentos de falha reactivados conduzem à precipitação de quartz leitoso + clorite  $\pm$  sulfuretos  $\pm$  filossilicatos  $\pm$  carbonatos, apesar da associação carbonatos + sulfuretos  $\pm$  quartzo se encontrar muito bem representada em certos domínios da **ZOM**. Em todos os casos conhecidos, a deposição dos diferentes minerais processa-se de forma polifásica (por vezes, rítmica), reconhecendo-se diferentes episódios de fracturação e/ou brechificação; por norma, não existem evidências ópticas de cedência plástica intracristalina. Tendo em conta os dados disponíveis para a **ZCI**, a composição química dos fluidos intervenientes neste 3º estágio evolutivo muda substancialmente com o arrefecimento progressivo do sistema, desde temperaturas próximas de  $300^{\circ}\text{C}$  a  $150$ - $120^{\circ}\text{C}$ , sob condições de pressão variáveis entre 2 a 0.5 kbar. Os primeiros incrementos de circulação envolvem fluidos similares aos do 2º estágio hidrotermal, se bem que se apresentem muito mais empobrecidos na componente carbónica e se revelem bastante menos salinos (usualmente  $< 5$  wt% eq NaCl). A mistura gradual e variável entre estes fluidos com águas meteóricas modificadas determina o quimismo das soluções hidrotermais envolvidas nos incrementos evolutivos subsequentes, o qual pode ainda ser decisivamente influenciado por processos de despressurização desencadeados pelos sucessivos eventos sísmicos. Os últimos fluxos

de fluido são predominante aquosos, de origem meteórica, e mostram salinidades muito baixas (frequentemente  $< 2$  wt% eq NaCl). Face aos dados disponíveis este é o estágio evolutivo do período Tardi-Varisco com maior importância metalogenética, admitindo-se que as diferentes especializações geoquímicas identificadas nos diversos sistemas mineralizantes (ativos durante longo intervalo de tempo nos Terrenos do SW Ibérico) traduzem fundamentalmente o envolvimento de distintas fontes de fluidos e de metais no tempo e no espaço. Acresce mencionar que a filiação meteórica dos fluidos envolvidos neste importante estágio evolutivo é compatível com as assinaturas isotópicas referidas por TORNOS *et al.* (2000) para fluidos em equilíbrio com paragénese mineral similares preservadas no sector E do Sistema Central Ibérico, as quais se confinam aos intervalos  $-4.6 \leq \delta^{18}\text{O}_F \leq +6.3\text{‰}$  e  $-51 \leq \delta\text{D}_F \leq -40\text{‰}$ .

Os precipitados hidrotermais que, regra geral, registam o 4º estágio evolutivo Tardi-Varisco, compreendem diversas gerações de quartzo (não deformado ou evidenciando fracturação incipiente) que frequentemente selam diferentes famílias de veios e filonetes cuja cronologia relativa é difícil de estabelecer; na **ZOM** e **ZSP**, o registo geológico das derradeiras etapas da actividade hidrotermal Tardi-Varisca é, com alguma frequência, indicada por sistemas complexos de filonetes preenchidos por quartzo  $\pm$  calcite ou apenas por calcite. Em diversos locais da **ZCI**, alguns dos preenchimentos tardios apresentam zonação simétrica que, dos domínios externos para os internos, são constituídos por: 1) agregados de quartzo idiomórfico com disposição “em pente”; 2) bandas de quartzo microcristalino; e 3) agregados de quartzo + carbonatos (geralmente de natureza siderítica)  $\pm$  ilite  $\pm$  pirite (com frequência substituída por (hidr-)óxidos de ferro). Estruturas com zonação simétrica são também comuns em muitos dos precipitados tardios preservados na **ZOM**, se bem que neste caso as diversas bandas de crescimento sejam constituídas por carbonatos (geralmente calcite grosseira). Face aos dados disponíveis para a **ZCI**, os fluidos aquosos envolvidos no último estágio hidrotermal Tardi-Varisco são quimicamente muito diferentes dos anteriores, revelando salinidades moderadas a elevadas (vulgarmente acima de 15 wt% eq NaCl) e enriquecimentos significativos em Ca (e Mg). As condições P-T estimadas para a sua circulação cifram-se, em geral, abaixo de 1 kbar e 200°C, respectivamente. Estes fluxos de fluido, representando os primeiros incrementos de uma nova (ou rejuvenescida?) evolução hidrotermal experimentada pelo soco Varisco, aparentam envolver distintas fontes de fluido e/ou diferentes resultados de equilíbrios químicos estabelecidos entre as águas meteóricas (*a*) e as rochas (*r*) para razões *a/r* baixas, subsequentemente canalizados para zonas de falha repetidamente reactivadas. Neste contexto, o carácter (hiper)salino das soluções, assim como o seu relativo enriquecimento em  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , levanta sérios problemas na ausência (?) de sequências evaporíticas que, percorridas pelos fluidos meteóricos, possam contribuir para o seu quimismo anómalo. Os enriquecimentos em  $\text{Ca}^{2+}$  podem, efectivamente, ser explicados através de interações água/rocha, pressupondo adequadas razões *a/r*. As elevadas concentrações em  $\text{Cl}^-$  e em  $\text{Mg}^{2+}$  (e, talvez, parte dos conteúdos em  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) exigem, contudo, uma fonte alternativa. Uma explicação possível pode ser adiantada invocando para as águas meteóricas originais uma composição particular, neste caso fortemente influenciada por aerossóis marinhos (veja-se, *e.g.*, os dados apresentados por BERNER & BERNER, 1996, para análogos modernos). Tal interpretação implica, contudo, aceitar que os domínios do soco Varisco onde actualmente se encontram os precipitados hidrotermais em análise integravam uma massa continental com acentuado relevo proximal a uma linha de costa. Esta é, porém, apenas uma das muitas questões que permanecem em aberto. Acresce mencionar que a natureza meteórica de soluções hidrotermais foi também proposta por TORNOS *et al.*

(2000) para vários sistemas hidrotermais tardios do sector E do Sistema Central Ibérico com base nos valores  $\delta^{18}\text{O}_F \leq \approx -4\text{‰}$  e  $\delta\text{D}_F \leq -52\text{‰}$ .

## CONCLUSÕES

O conhecimento actual sobre os processos geológicos activos na maioria dos Terrenos do SW Ibérico durante o período Tardi-Varisco (ca. 312 a 270/260 Ma) ainda é bastante deficiente. Tomando como referência os dados disponíveis para a **ZCI**, é possível estabelecer várias analogias com os restantes Terrenos, muitas das quais carecem de confirmação futura, nomeadamente as que se relacionam com o quimismo dos fluidos intervenientes nos sucessivos estádios evolutivos, suas origens e condições P-T de circulação. Em termos gerais, porém, afigura-se legítimo atribuir aos gradientes geotérmicos anómalos desencadeados pelo rápido *uplift* crustal após ca. 300 Ma, papel determinante na dinâmica de fluidos responsável pela génese dos diferentes precipitados hidrotermais (incluindo diversos tipos de minérios). De salientar ainda a enorme importância dos sistemas conjugados de fracturas N25±25 e N80±20 na canalização sistemática dos vários fluxos de fluido, adquirindo assim um significado especial no âmbito da metalogénese e na prospecção mineira.

## AGRADECIMENTOS

A tentativa de síntese que se esboça neste pequeno trabalho decorre da análise de um extenso conjunto de elementos adquiridos, na sua essência, ao longo dos últimos cinco anos no âmbito de projectos de investigação (finalizados ou em curso) subsidiados pela FCT; tal é o caso dos projectos MIZOMOR, MTVIL, PROGEREMIN e DIWASTE. Paralelamente, têm decorrido diversas actividades de investigação na ZOM como corolário de uma frutuosa colaboração que se tem estabelecido e reforçado entre o CREMINER e o IGM. Claro está que muitas das ideias aqui explicitadas têm sido alvo de intenso debate com diferentes colegas, beneficiando dos seus comentários, sugestões e, em muitas circunstâncias, de elementos não publicados por eles coligidos (não raras vezes ao longo de décadas). Neste contexto, são devidos especiais agradecimentos a V. Oliveira, J. Matos e C. Rosa (IGM), a F. Noronha (FCUP – Centro de Geologia), a A. Ribeiro, F. Marques e P. Fonseca (FCUL – LATTEX), a F. Barriga, J. Figueiras e M. Abel (FCUL – CREMINER), a C. Coke (UTAD – LATTEX), a R. Dias e A. Araújo (UE) e a F. Santos (FCUL – Centro de Geofísica).

## REFERÊNCIAS

- Araújo, A. 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. *PhD. Thesis*, Univ. Évora, 200 pp.
- Arthaud, F. & Matte Ph. (1975). Les décrochements Tardi-Hercyniens du Sud-ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, **25**, pp. 139-171.
- Berner, E. K. & Berner, R. A. (1996). Global Environment: water, air, and geochemical cycles. Prentice Hall, New Jersey, pp. 376.
- Boiron, M.-C.; Cathelineau, M.; Banks, D. A.; Yardley, B.; Noronha, F. & Miller, M. F. (1996). P-T-X conditions of late Hercynian fluid penetration and the origin of granite-hosted gold quartz veins in northwestern Iberian: a multidisciplinary study of fluid inclusions and their chemistry. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **60**, pp. 43-57.
- Carvalho, D. (1982) – New paths to massive sulphide exploration in the Iberian Pyrite Belt. *Comun. Serv. Geol.*, **68(2)**, pp. 149-162.
- Dallmeyer, R.D.; Martínez Catalán J. R.; Arenas, R.; Gil Ibarguchi, J. I.; Gutiérrez-Alonso, G.; Farias, P.; Bastida, F. & Aller, J. (1997). Diachronous Variscan tectonothermal activity in the NW Iberian Massif: evidence from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of regional fabrics. *Tectonophysics*, **277**, pp. 307-397.
- Fonseca, P. (1995) – Estudo da Sutura Varisca no SW Ibérico, nas regiões de Serpa-Beja-Torrão e Alvito-Viana do Alentejo. *PhD. Thesis*, Univ. Lisboa, 325 pp.
- Gonçalves, M. A.; Fonseca, P.; Mateus, A. & Figueiras, J. (1997) – Microstructural characterization of metasomatized gabbroic rocks of the Barranco da Gravia Unit (BAOC) at the Guadiana River. *3ª Conf. Annual do GGET*, Estremoz, pp. 12-15.
- González-Casado, J. M.; Caballero, J. M.; Casquet, C.; Galindo, C. & Tornos, F. (1996). Paleostress and geotectonic interpretation of the Alpine Cycle onset in the Sierra del Guadarrama (Eastern Iberian Central System), based on evidence from episyenites. *Tectonophysics*, **262**, pp. 213-229.
- Marques, F. O. & Mateus, A. (1998) – Have NNE-SSW transcurrent shear zones always been sinistral in the Variscan basement? *GEOlogos*, **2**, pp. 73-76.
- Marques, F. O.; Mateus, A. & Tassinari, C. (2001a) - The Late Variscan Fracture Network in N Portugal (NW Iberian): a re-evaluation. *EUG, Journal of Conf. Abstracts*, **6(1)**, pp. 627.
- Marques, F. O.; Mateus, A., Tassinari, C.; Silva, P. & Miranda J. M (2001b) – The Amares basin: an ENE-WSW graben formed by recent reactivation of the Late-Variscan fracture network? *Comun. Inst. Geol. e Min.* In press.
- Marques, F. O.; Mateus, A., Tassinari, C.; Silva, P. & Miranda J. M. – The Late-Variscan fault network in central-northern Portugal. In prep.

- Mateus, A. (1995) – Evolução tectonotérmica e potencial metalogenético do troço transmontano da Zona de Falha Manteigas-Vilariça-Bragança. *PhD Thesis*, Univ. Lisboa.
- Mateus, A. (1997) – Condições de deposição hidrotermal de ligas de ouro e prata em desligamentos tardi-hercínicos: o Troço Transmontano da Falha Manteigas-Vilariça-bragança como exemplo. *X Semana de Geoquímica – IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, Braga: pp. 203-206.
- Mateus, A.; Andrade, M.; Cabral, J. & Monteiro Santos, F. (1999a) – Análise cinemática e dinâmica da rede de fracturas identificadas na região de Sta Comba da Vilariça-Pocinho (NE Portugal). *5ª Conf. Annual do GGET*, Vila Real, pp. 18-25.
- Mateus, A.; Figueiras, J.; Gonçalves, M. A. & Fonseca, P. (1999b) – Evolving fluid circulation within the Beja-Acebuches Variscan Ophiolite Complex (SE Portugal). *Ophioliti*, **24/2** Sp. Iss, pp. 269-282.
- Mateus, A.; Figueiras, J.; Gonçalves, M. A.; Fonseca, P. & Waerenborgh, J. C. (1998a) – Mineralizações em Metais Preciosos na Zona de Ossa-Morena (ESE-SE de Portugal). *Projecto PBICT/P/CTA/2112/95, FCT, Relatório Final*: pp. 254.
- Mateus, A. & Noronha, F. (2001) – Late-Variscan crustal uplift of the Iberian Terrane as a response to isostatic rebound; implications for the brittle-ductile transition, fluid circulation and metallogenesis. In: *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade do Porto 7*, F. Noronha, A. Dória & A. Guedes (Eds), pp. 295-298.
- Mateus, A.; Oliveira, V.; Gonçalves, M. A.; Figueiras, J.; Fonseca, P. & Martins, L. (1998b). General assessment on the metallogenetic potential of the Iberian Terrane southern border. *Estudos, Notas e Trabalhos, IGM*, **40**, pp. 35-50.
- Mateus, A.; Ribeiro, A. & Barriga F.J.A.S. (1995) – Pore fluid and seismogenic characteristics of fault rocks within the Vilariça Fault Zone (NE Portugal): evidences for deep fluid circulation during the uplift of the Variscan continental crust. In: *Memórias do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade do Porto 4*, F. Sodré Borges & M. Marques (Eds), pp. 281-285.
- Matos J. & Rosa, C. (2000). Parque Mineiro da Cova dos Mouros; Faixa Piritosa Ibérica – região de Martinlongo – Vaqueiros. *Livro-guia de Excursão Geológico-Mineira*, pp.33.
- Noronha, F. (2001) – Contribuição do estudo das inclusões fluidas para o conhecimento dos sistemas hidrotermais no soco Varisco. *XII Semana de Geoquímica – VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, Faro: pp. 31-38.
- Noronha, F.; Cathelineau, M.; Boiron, M.-C.; Banks, D. A.; Dória, A.; Ribeiro, M. A.; Nogueira, P. & Guedes, A. (2000) – A three stage fluid model for Variscan gold metallogenesis in northern Portugal. *J. Geochem. Exploration*, **71**, pp. 209-224.
- Oliveira, V. (1986) – Prospecção de minérios metálicos a sul do Tejo. *Geociências*, **1(1-2)**, pp. 15-22.
- Oliveira, V. (1992) – Recursos Minerais Metálicos. In: *Notícia Explicativa da Folha 8 – Zona de Ossa Morena (1:200000)*. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.
- Pereira, Z. (1999) – Palynostratigraphy of South-west Portugal, South Portuguese Zone. *Comun. Inst. Geol. e Min.*, **86**, pp. 25-58.
- Reavy, R. J. (1989) – Structural controls on metamorphism and syn-tectonic magmatism: the Portuguese Hercynian Collision Belt. *J. Geol. Soc.*, **146**, pp. 173-182.
- Ribeiro, A. (1974) – Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, **24**, Lisboa, 168 pp.
- Ribeiro, A. (1983) – Structure of the Carrapateira nappe in the Bordeira area, SW Portugal. In: *The Carboniferous of Portugal*, M. J. L. Sousa & J. T. Oliveira (Eds), *Mem. Serv. Geol. Portugal*, **29**, Lisboa, pp. 91-97.
- Ribeiro, A.; Pereira, E. & Severo, L. (1980) – Análise da deformação da zona de cisalhamento Porto-Tomar na transversal de Oliveira de Azeméis. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, **66**, pp. 3-9.
- Ribeiro, A. & Silva J. B. (1983) – Structure of the South Portuguese Zone. In: *The Carboniferous of Portugal*, M. J. L. Sousa & J. T. Oliveira (Eds), *Mem. Serv. Geol. Portugal*, **29**, Lisboa, pp. 83-89.
- Tornos, F.; Chiaradia, M. & Fontboté L. (1998). La geoquímica isotópica del plomo en las mineralizaciones de la Zona de Ossa Morena (ZOM): implicaciones metalogenéticas y geotectónicas. *Bol. Soc. Española de Mineralogía*, **21-A**, pp. 206-207.
- Tornos, F.; Delgado, A.; Casquet, C. & Galindo, C. (2000). 300 Million years of episodic hydrothermal activity: stable isotope evidence from hydrothermal rocks of the Eastern Iberian Central System. *Mineral. Deposita*, **35**, pp. 551-569.
- Vigneresse, J. L. (1999) – Intrusion level of granitic massifs along the Hercynian Belt: balancing the eroded crust. *Tectonophysics*, **307**, pp. 277-295.