

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E GEOQUÍMICAS DO NÍVEL MAGNETÍTICO ORDOVÍCIO AFLORANTE NO SECTOR DE FRANÇA (N DE BRAGANÇA): CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE A SUA GÉNESE

M.J. Figueiredo¹, A. Mateus¹, C. Meireles²

¹ Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Ed. C2, Piso 5, Campo Grande, 1 700 Lisboa, Portugal

² Instituto Geológico e Mineiro, Rua da Amieira, Apartado 89, 4466 S. Mamede de Infesta, Portugal

Resumo

The Ordovician quartzite sequence that outcrops in França sector (N of Bragança) comprises a rather continuous sedimentary iron bed, containing magnetite (more or less martitized) + quartz + Fe-chlorite + minnesotaite ± apatite ± sericite ± zircon. The obtained Fe, P, TiO₂, SiO₂, V, Ni and Mn contents are compatible to those found in other sedimentary iron ores of Ordovician age occurring either in Moncorvo and Marão regions (Portugal), or in Latado area (Spain). The available whole-rock and mineral geochemical data show also strong affinity with those reported by Loberg & Horndahl (1983) for some Precambrian iron ores located in Norrbotten and Bergslagen provinces (Sweden). This strongly suggests the possibility that the Ordovician iron sediments have their source in eroded previous deposits, similar to those of the apatite rich type (0.06 ≤ P ≤ 5%) preserved in the Baltic Shield.

A sequência autóctone de natureza quartzítica aflorante no sector de França (N de Bragança) corresponde à subdivisão filítica intermédia da *Formação de Quartzitos Superiores* datada do *Arenigiano-Lanvirniano* (Ribeiro, 1974), e compreende quartzitos com intercalações finas de xistos negros, filitos e psamitos, para além de um nível magnetítico relativamente contínuo. A passagem à série monótona de xistos argilo-carbonosos, ardósiferos, característicos do *Landeiliano*, processa-se de modo gradual. No sector estudado, alguns dos ramos principais da falha da Vilarça estabelecem o contacto entre as formações de idade ordovícica e os metassedimentos silúricos essencialmente constituídos por xistos físseis carbonosos, no seio dos quais ocorrem intercalações de liditos e de xistos ampelitosos (fig.1A). As associações minerais primárias denunciam a presença de um gradiente metamórfico de baixa pressão e temperatura (*zona da clorite*, principalmente), atingindo a *zona da biotite* (por vezes, a da *andaluzite*), na proximidade do batólito sinorogénico de Montesinho.

A caracterização geológico-estrutural da região enquadrante do sector de França, revela que a deformação varisca se traduz por dobramento polifásico e heterogéneo, bem como pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento alvo de sucessivas reactivações. A *Formação de Quartzitos Superiores* apresenta, por norma, dobras vergentes para NE com eixos de atitude geral 10°, N50-55W e xistosidade penetrativa de plano axial (S₁) inclinando, em média, 40-50° para S-SW. Os xistos do *Landeiliano* registam, regra geral, duas fases de deformação com xistosidade associada, encontrando-se S₁ crenulada e, por vezes, transposta e dobrada por S₂, a qual se desenvolve segundo WNW-ESE a W-E e apresenta usualmente pendores compreendidos entre 40° e 60° para N-NNE. Os eixos dos dobramentos com vergência para SW (*kink bands* e *shear kink folds*) característicos da fase D₂, são sub-horizontais ou inclinam suavemente (<25°) para ESE e evidenciam direcção variável no intervalo NW-SE a WNW-ESE. A crenulação sub-vertical tardia que, por vezes, se observa é atribuível a D₃ (e.g. Cathelineau *et al.*, 1993).

A sequência quartzítica encaixante do nível magnetítico estudado desenvolve-se ao longo do flanco inverso de uma estrutura anticlinal de 1ª ordem (fig1B). O carácter impuro dos níveis de quartzito com textura granoblástica, traduz-se pela presença de abun-

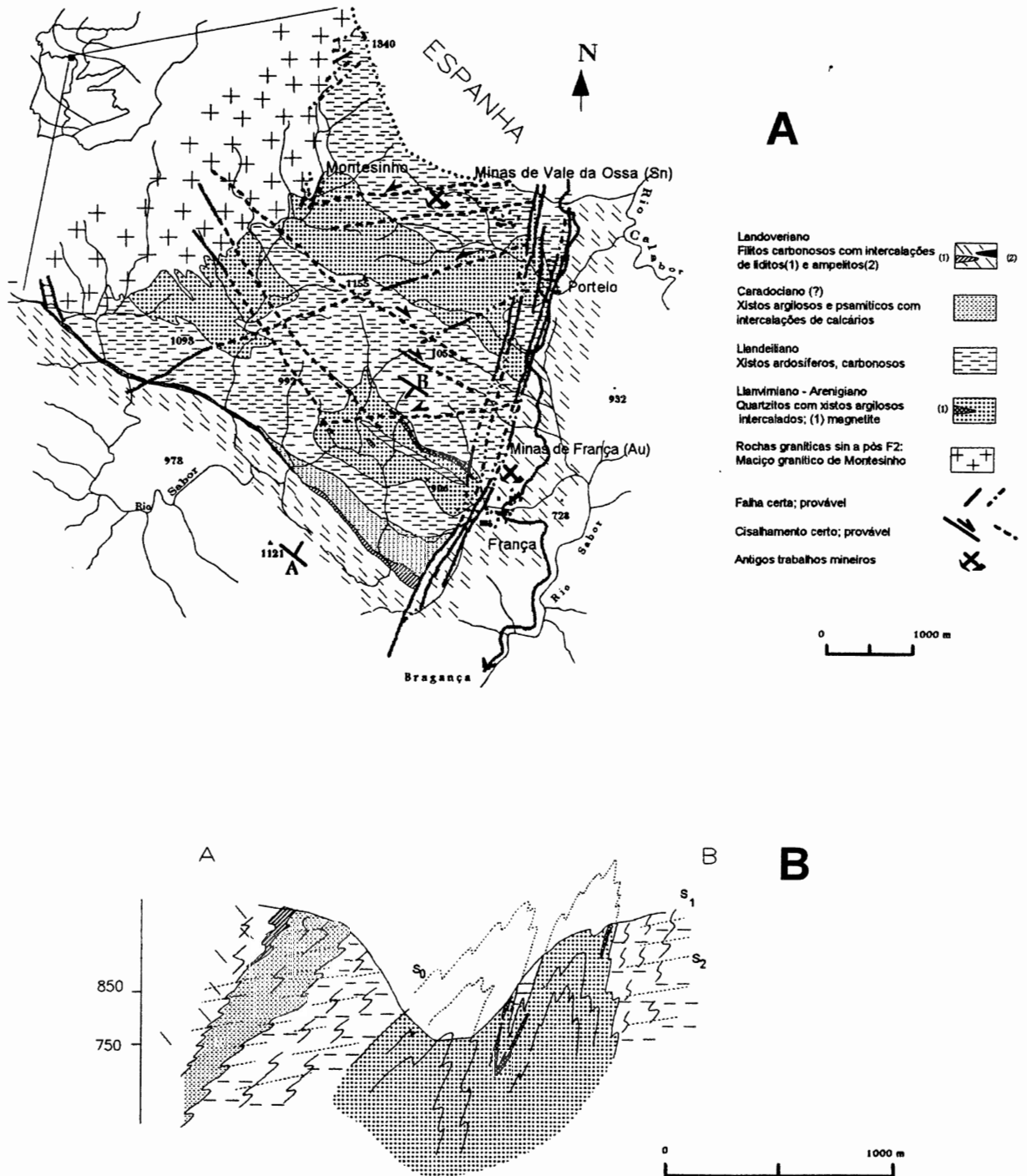


Fig.1 - A: Enquadramento geológico do sector de França (N de Bragança). **B:** Corte geológico interpretativo AB, ilustrando a posição relativa do nível magnético na sequência autóctone quartzítica

dante sericite intersticial, localmente acompanhada por óxidos de ferro e titânio; pequenos grãos de turmalina, zircão e clorite ocorrem ocasionalmente. O nível de ferro, essencialmente constituído por magnetite (50-60% da rocha total) mais ou menos martitizada, compreende uma matriz quartzosa de granularidade fina a média rica em clorite chamósitica e minnesotaíte, onde a sericite, zircão (regra geral metamórfico) e apatite ocorrem como fases acessórias (fig.2A). Importa, neste contexto, salientar a natureza predominantemente detrítica da matriz siliciosa do nível ferrífero. Os grãos sub-rolados, por vezes irregulares, de magnetite testemunham o desenvolvimento de uma concentração sedimentar primária deste óxido, parcialmente modificada no decurso da diagénese e metamorfismo. Note-se ainda que a magnetite apresenta uma assinatura química própria, caracterizada por valores medianos das distribuições de concentração em TiO_2 , Cr_2O_3 e V_2O_5 em torno de 0.09, 0.01 e 0.11 wt%, respectivamente. A variabilidade composicional admitida pelas clorites de fórmula geral $[\text{Fe}_{(4+x-y-z)}\text{Mg}_z\text{Al}_{(2-x+2y/3)}\square_{y/3}]^{\text{vi}} [\text{Si}_{(4-x)}\text{Al}_x]^{\text{iv}}\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, é função da amplitude relativa dos vectores de substituição preponderantes $(\text{Fe}^{2+})^{\text{vi}}\text{Al}^{\text{iv}}\text{Al}^{\text{vi}}_{-1}\text{Si}^{\text{iv}}_{-1}$, $(\text{Fe}^{2+}\text{Al}_{-2/3}\square_{-1/3})^{\text{vi}}$ e $[\text{Mg}(\text{Fe}^{2+})_{-1}]^{\text{vi}}$, se bem que os parâmetros cristaloquímicos $\{x=1.16, y=0.78, z=0.73\}$ traduzam satisfatoriamente o quimismo médio destes filossilicatos (obtido com base em 45 análises - fig.2B). Os desvios à composição ideal da minnesotaíte - $\text{Fe}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ - dependem fundamentalmente da troca catiónica $[\text{Mg}(\text{Fe}^{2+})_{-1}]^{\text{vi}}$, cuja amplitude média vale cerca de 2/5, *i.e.*, 0.355 átomos de Mg por unidade de fórmula (valor estimado com base em 17 análises) - Mateus (1995).

As amostras estudadas contemplam transformações mineralógicas e texturais significativas que importa descrever com algum detalhe, pois transcrevem não só os efeitos da meteorização quaternária, como também a circulação de fluidos hidrotermais em domínios adjacentes à falha da Vilariça e/ou zonas de cisalhamento precoces (sin-D₁ ou sin-D₃). Efectivamente, na Concessão Pingão dos Quintais (França), o nível magnetítico não apresenta indícios de meteorização significativa e a goethite (\pm hematite) ocorre apenas no seio de fracturas tardias com desenvolvimento muito localizado. No exemplar colhido a uma altitude de 735 m, a magnetite encontra-se incipientemente martitizada e exhibe contornos irregulares. Regista-se também a presença ocasional de cristais irregulares de pirite fortemente hematitizados no seio da matriz silicatada; este sulfureto ocorre ainda sob a forma de pequenas gotículas inclusas na magnetite. Note-se, por último, a ocorrência esporádica de calcopirite. A intensidade da martitização aumenta inequivocamente com a altitude, adquirindo maior notoriedade em amostras colhidas a cotas superiores a 800 m. Do ponto de vista químico, tal processo pode ser colocado em evidência através da projecção dos conteúdos em V_2O_5 e FeO_t relativos a análises pontuais representativas quer de magnetites (ou domínios particulares destas) em diferentes estádios evolutivos de alteração, quer das martites que se lhes associam (fig.2C). O grau de substituição dos filossilicatos primários por agregados argilosos covaria com a intensidade da martitização da magnetite. Os resultados disponíveis permitem constatar que a assinatura química das relíquias de clorite nos exemplares alvo de meteorização intensa se traduz por decréscimos mais ou menos pronunciados dos conteúdos em catiões R^{2+} por unidade de fórmula, conforme é indicado pela amplitude de variação química global $(\text{Al}_{2.59}\square_{0.83})^{\text{vi}}\text{Si}^{\text{iv}}_{0.92}(\text{Fe}^{2+}_{-2.84}\text{Mg}_{-0.58})^{\text{vi}}\text{Al}^{\text{iv}}_{-0.92}$. As relíquias de minnesotaíte registam também variações cristaloquímicas assinaláveis que, regra geral, induzem aumento dos conteúdos

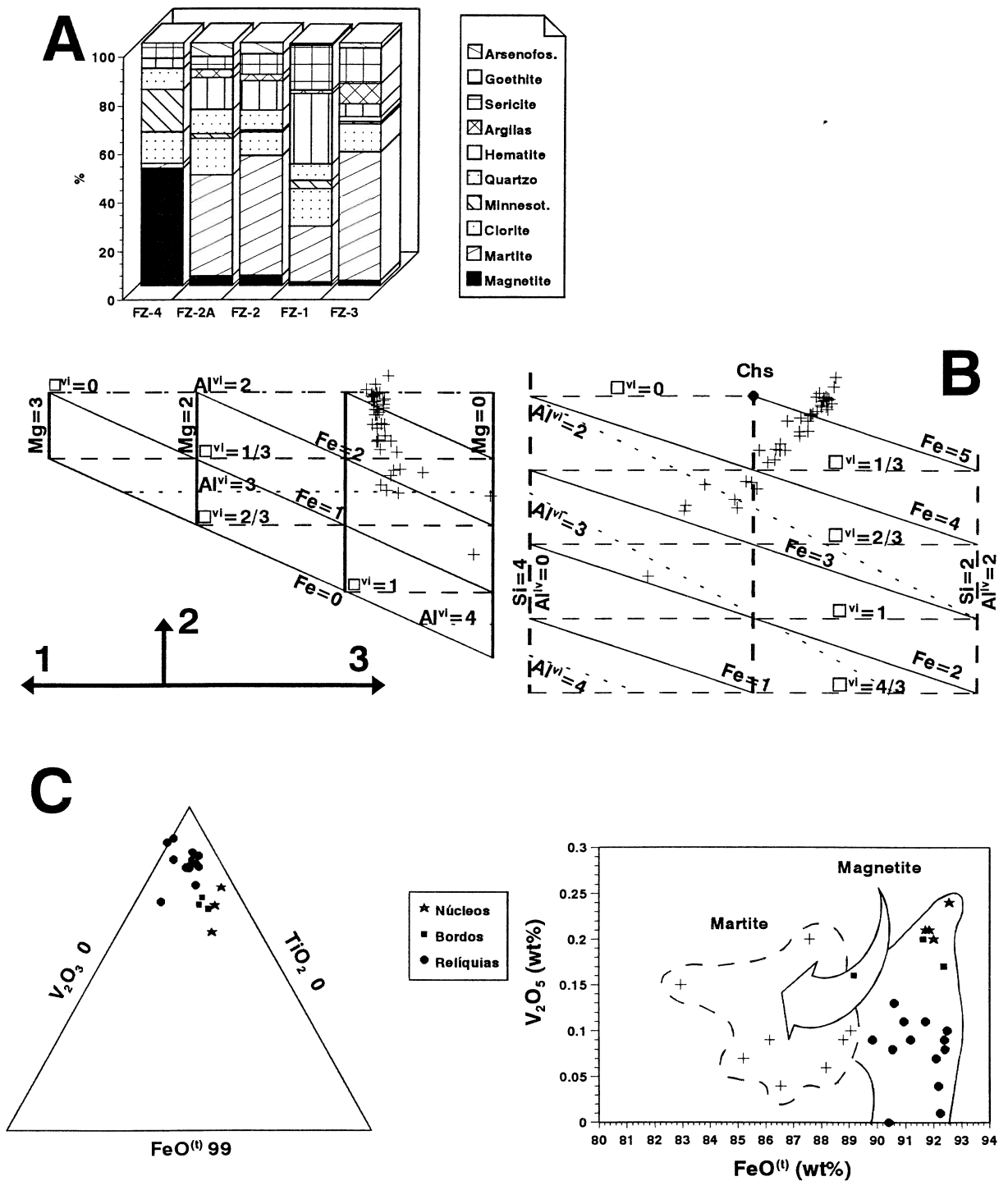


Fig.2 - A: Distribuição modal para uma contagem total de 3217 pontos da mineralogia reconhecida nos diferentes exemplares do nível magnetítico colhidos a uma altitude de 735m (FZ-4), 785m (FZ-2A), 800m (FZ-2), 900m (FZ-1B) e 910m (FZ-3). **B:** Projecção das clorites analisadas nos planos de composição definidos pelos vectores $[Mg(Fe^{2+})_{-1}]^{VI}$ (1), $(Fe^{2+}Al_{2/3}□_{1/3})^{VI}$ (2) e $(Fe^{2+})^{VI}Al^{VI}Al^{VI}_{-1}Si^{IV}_{-1}$ (3); adaptado de Mateus (1995). **C:** Distribuição relativa dos conteúdos em TiO_2 , FeO , e V_2O_5 evidenciados pelos domínios centrais e periféricos de cristais de magnetite não alterados ou incipientemente martitizados, bem como por relíquias deste óxido contidas em exemplares representativos dos vários horizontes do perfil de meteorização do nível ferrífero; adaptado de Mateus (1995).

médios em Al, Ca e Mn por unidade de fórmula (0.380, 0.024 e 0.027, respectivamente), de acordo com as substituições catiónicas $[(Al_2\Box)(Fe^{2+}Mg)_{-3}]^{vi}$, $[CaMg_{-1}]^{vi}$ e $[Mn^{2+}(Fe^{2+})_{-1}]^{vi}$ - Mateus (1995). Os agregados argilosos tardios relativamente enriquecidos em óxidos/hidróxidos de ferro, revelam a presença sistemática de massas mal cristalizadas caracterizadas por concentrações anómalas em As + P ou P + Ca ± Cu em cujo seio foram detetados cristais micrométricos de autunite.

A caracterização multi-elementar do nível ferrífero compreendeu a análise de 5 exemplares representativos dos diferentes horizontes do perfil de meteorização. A leitura geral dos resultados analíticos disponíveis, permite de imediato colocar em evidência variações relativas de concentração em óxidos de elementos maiores e em oligo-elementos que, mais ou menos óbvias, traduzem cabalmente a constituição mineralógica do nível magnetítico em cada nível altimétrico. No âmbito do presente trabalho, importa, porém, destacar que os teores em Fe, P, TiO₂, SiO₂, V, Ni e Mn (23.03 a 27.70]%, 0.37 a 0.86%, 0.14 a 0.36%, 8.30 a 13.06%, 583 a 888ppm, 8.2 a 20.0ppm e 199 a 497ppm, respectivamente), são paralelizáveis com os evidenciados pelos minérios de ferro sedimentares de idade ordovícica presentes nas regiões de Moncorvo, Marão e Latedo (e.g. Carvalho, 1976; D'Orey & Rebelo, 1981; Fernandez & Benito, 1991).

O carácter transgressivo da sequência sedimentar ordovícica, aliado à disposição e variação de tonelagem das jazidas de ferro conhecidas (diminuição acentuada no sentido Oeste), tem levado muitos autores a admitir a existência de uma área continental emersa a Leste (e.g. Oliveira *et al.*, 1992). A fonte do ferro tem, no entanto, sido alvo de grande discussão. Neste sentido, salienta-se a vincada similaridade entre os resultados de lito-geoquímica e química mineral obtidos no presente estudo e os reportados por Loberg & Horndahl (1983) para alguns dos minérios de ferro de idade pré-câmbrica localizados nas províncias de Norrbotten e Bergslagen (Suécia). Tal sugere fortemente a possibilidade dos sedimentos de ferro ordovícicos resultarem do desmantelamento de jazigos pré-existentes análogos aos preservados no Escudo Báltico, nomeadamente do tipo "rico em apatite" ($0.06 \leq P \leq 5\%$).

Agradecimentos

O presente trabalho foi executado no âmbito do Projecto MA2M-CT90-0033 (Multiannual R&D Programme) subsidiado pela CEE. As discussões tidas com J. Figueiras, F.J.A.S. Barriga e E. Pereira revelaram-se cruciais à interpretação dos resultados obtidos.

Referências

- Cathelineau, M.; Boiron, C.M.; Palomero, F.G.; Urbano, R.; Florido, P.; Pereira, E.; Noronha, F.; Barriga, F.J.A.S.; Mateus, A.; Yardley, B.; Banks, D. (1993) - *Multidisciplinary studies of Au-vein formation. Application to the Western part of the Hesperian Massif (Spain-Portugal)*. Project N° MA2M-CT90-0033, Multiannual R & D Programme (1990-1992) on Primary raw materials and recycling of non-ferrous metals, EEC - Final Report: 391 pg..
- Carvalho, D. (1976) - Les gisements de fer du Portugal. *Iron Ore Deposits of Europe*, I, Hannover, 1976: 255-260.
- D'Orey, F.L.; Rebelo, J.L.A. (1981) - The nature of the refractory iron ores at Moncorvo, North-Eastern Portugal. *ICAM 81*.
- Fernandez, A.F.; Benito, M.C.M. (1991) - Las mineralizaciones sedimentarias de Fe ordovícicas de Latedo (Provincia de Zamora, España). *Mem. Not., Publ. Mus.Lab.Mineral.Geol.*, Univ. Coimbra, **112**: 427-446.
- Loberg, B.E.H.; Horndahl, A.-K. (1983) - Ferride geochemistry of swedish Precambrian iron ores. *Mineral.Deposita*, **18**: 487-504.
- Mateus, A. (1995) - *Evolução tectono-térmica e potencial metalogenético do troço transmontano da Zona de Falha Manteigas-Vilarça-Bragança*. Dissertação de candidatura ao grau de Doutor, Fac. Ciências da Universidade de Lisboa: 195 pg. (TOMO I); 994 pg. (TOMO II).
- Oliveira, J.T.; Pereira, E.; Piçarra, J.M.; Young, T.; Romano, M. (1992) - O Paleozóico Inferior de Portugal: Síntese da estratigrafia e da evolução paleogeográfica. In: *Paleozoico Inferior de Ibero-América* (J.G. Gutiérrez, J. Saavedra & I. Rábano - Eds), Universidad de Extremadura: 359-375.
- Ribeiro, A. (1974) - *Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental*. *Mem 24* (n.s.) *Serv. Geol. Portugal*: 168 pp.