

Reabilitação ambiental de áreas mineiras do sector português da Faixa Piritosa Ibérica: estado da arte e prespectivas futuras

J.X. Matos y L.P. Martins

INETI - Apartado 7586. 2721-866 Alfragide. Portugal
E-mails: joao.matos@ineti.pt - placido.martins@ineti.pt

RESUMO

O INETI (ex- Instituto Geológico e Mineiro) tem desenvolvido programas de investigação e de caracterização de áreas mineiras desde 1994. A hierarquização dos impactes ambientais das minas portuguesas da Faixa Piritosa Ibérica (FPI) possibilitou a produção de um ranking de perigosidade ambiental para esses sítios mineiros. A metodologia de avaliação utilizada contemplou em cada mina a análise multielementar de escombrelas, de sedimentos e de solos, o tipo de minérios explorado e as técnicas de extracção, a estabilidade das infra-estruturas ainda existentes, assim como a identificação do uso da terra e da água. Actualmente o INETI desenvolve cartografia geológica e mineira de detalhe nas principais minas de sulfuretos polimetálicos do sector português da FPI. Com estes levantamentos pretende-se valorizar o património geológico e mineiro desta província metalogenética a qual é assumido como um espaço cultural europeu de referência. Em parceria com os municípios alentejanos e com as entidades reguladoras do ambiente e turismo fomenta-se o desenvolvimento económico sustentado do turismo temático na FPI. Outros programas de ID&T como o MINEO (mina de S. Domingos) e o e-ECORISK (mina de Aljustrel), permitem conhecer a evolução desses sítios através da aplicação de técnicas inovadoras de monitorização como a detecção remota e a análise multielementar de solos, sedimentos, rochas e águas de mina.

Palavras-chave: Faixa Piritosa Ibérica, impacte ambiental, património de áreas mineiras

Environmental reclamation of mining areas in the portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt: state of the art and future perspectives

ABSTRACT

Research programs on abandoned Portuguese mining sites have been developed by the INETI (ex- Instituto Geológico e Mineiro) since 1994. The analysis of the environmental impact of the Portuguese mines of the Iberian Pyrite Belt (IPB) permits their classification in a ranking. A number of criteria were followed for the assessment and hierarchization of the mine sites according to their degrees of harmfulness and hazardness. For the assessment of the parameters, emphasis was given to geological and mineralogical aspects of the ore deposits, as well as to the methodology of the ore extraction and processing, and to the dimension, composition and stability of the mining tailings. Aspects related to the land and water use and to the impacts originated in the landscape around the mining areas were also taken into account. Presently the INETI is developing detailed geological and mining mapping of the major massive sulphides mines on the Portuguese sector of the IPB. This work, also contributes to the correct understanding of the complex geochemical process developed in these areas. The mapping of the IPB mines is integrated in a mining heritage program, developed with local municipalities and environment and tourism government entities. The sustainable development of the geo- mining tourism is the main goal of these activities. Other research programs developed in the S. Domingos and Aljustrel mines, like the MINEO and e-ECORISK projects, permit a better knowledge of the impact of the old mines, based on the application of new monitoring techniques such as remote sensing and detailed multielementar analysis of soils, streams, rocks, ores and mining waters.

Key words: Iberian Pyrite Belt, mining environmental impacts, mining heritage

A Faixa Piritosa Ibérica (FPI)

Localizada na região SW da Península Ibérica, a FPI inclui-se na Zona Sul Portuguesa (ZSP), uma das unidades geotectónicas principais do Orógeno Varisco. A deformação da ZSP produziu dobras com

direcção NW-SE, clivagens e cavalgamentos vergentes para SW (Silva *et al.* 1990 e Silva 1998). O metamorfismo regional da ZSP, contemporâneo da 1ª fase de deformação varisca, aumenta com a aproximação das áreas interiores do orógeno varisco, de SW para NE, desde a fácies zeolítica no extremo

sul, passando pelas fácies prenhite-pumpeleite e prenhite-pumpeleite/xistos verdes na Faixa Piritosa até à fácies dos xistos verdes no Gr. do Pulo do Lobo (Munhá 1990). A sua geometria forma um largo arco com cerca de 300 km de comprimento e 30 a 60 km de largura que se estende desde Sevilha até à região de Marateca-Águas de Moura (ver Fig. 1), Barriga *et al.* 1997, Oliveira *et al.* 1998, 2001, Silva 1998). Em ambos os extremos da FPI as rochas paleozóicas estão cobertas por sedimentos, constituindo o soco das bacias terciárias de Guadalquivir (Espanha) e Sado (Portugal). A presença de cerca de 90 jazigos de sulfuretos maciços polimetálicos associados ao Complexo Vulcano Sedimentar (CVS), de idade Fameniano Sup.-Viseano Sup., confere-lhe um estatuto de província metalogenética de classe mundial. Neste contexto destaca-se a mina de Neves Corvo em exploração, com teores muito elevados em Cu, Sn e Zn. A dimensão dos jazigos de pirite da FPI (Leistel *et al.* 1998) varia entre centenas de Mt (Aljustrel, Neves-Corvo, Rio Tinto, Tharsis, Aznalcollar-Los Frailes, Sotiel-Migollas) e 1 Mt (Chança, Montinho,...). Associado aos jazigos de sulfuretos maciços e de Mn da FPI identifica-se um metamorfismo hidrotermal (precoce em relação ao metamorfismo regional), resultante da circulação convectiva de água do mar através das rochas vulcânicas que sofreram elevada lixiviação e grande troca iónica (Barriga *et al.* 1997, Carvalho *et al.* 1999, Relvas *et al.* 2002, ref. inc.).

A FPI é constituída por uma formação sedimentar basal, o Gr. Filito-Quartzítico (Fameniano Méd.-Sup.), constituído por filitos, siltitos, quartzitos e quartzovaques e por um Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS), de idade Fameniano Sup.-Viseano Sup., que se lhe sobrepõe. Este complexo é representado por rochas vulcânicas ácidas, intermédias e básicas e por sedimentos como xistos negros, x. siliciosos, x. borra-de-vinho, jaspes e chertes. Sobre o CVS depositaram-se sedimentos turbidíticos de fácies *flysch* com vários quilómetros de espessura que se encontram representados pelas formações de Mértola (Viseano Sup.), Mira (Namuriano) e Brejeira (Namuriano-Vestefaliano Sup.), com idade decrescente de NE para SW, constituindo o Grupo do *Flysch* do Baixo Alentejo (Oliveira 1983).

Actividade extractiva e de prospecção na FPI

A existência de numerosas ocorrências de minérios de cobre, ferro e manganês na FPI foi certamente determinante no modo de vivência das populações

residentes, tendo existido mineração desde o Calcolítico e durante a ocupação por tartéssios, fenícios e cartagineses (Oliveira e Matos 2002). Na época romana foram intensamente explorados vários jazigos de sulfuretos da Faixa Piritosa como S. Domingos, Aljustrel e Caveira em Portugal e Rio Tinto e Tharsis, em Espanha, sobretudo na sua parte mais superficial, marcada pela existência de *chapéus de ferro* ou *gossans*. Os povos árabes pouco se dedicaram à actividade extractiva antes preferindo negociar em entrepostos (caso de Mértola) os concentrados de metais extraídos pelas populações autóctones (Oliveira e Oliveira 1996, Matos e Martins 2003, Matos *et al.* 2002a, ref. inc.). No seguimento da revolução industrial do séc. XIX reinicia-se a exploração de sulfuretos extraído-se, com técnicas modernas, grandes volumes de minério com vista à obtenção de cobre, pirite e enxofre. Em Portugal, a lavra operada em S. Domingos, Aljustrel, Caveira e Chanca estende-se posteriormente, durante o início do séc. XX, às minas de Lousal e Montinho situadas no sector NW da FPI.

Além das massas de pirite ocorrem ainda na Faixa depósitos de ferro e manganês estratiformes e mineralizações filonianas tardi a pós variscas de cobre, antimónio, chumbo e bário. Enquanto que estes jazigos foram explorados na sua maioria na segunda metade do séc. XIX, a extracção de óxidos de ferro e manganês decorreu até à passada década de setenta. A mina do Cercal (Carvalho 1971, Matos e Rosa 2001) foi a última exploração deste tipo em Portugal, tendo encerrado em 2001 a extracção de minério nos jazigos Serra da Mina e Rosalgar, na sequência do fecho do único cliente da empresa, a siderurgia portuguesa do Seixal (sul de Lisboa).

A prospecção mineira na FPI teve maior desenvolvimento a partir dos anos 60, através da aplicação de novas técnicas geofísicas e geoquímicas e de cartografia geológica e estrutural de maior detalhe. O Serviço de Fomento Mineiro, organismo estatal precursor do Instituto Geológico e Mineiro, é criado em 1939 com o intuito de promover a actividade de prospecção no país e em particular na FPI (Queiroz *et al.* 1989). As políticas de investimento em conhecimento geológico possibilitaram ao Estado o desempenho determinante quer na descoberta de novos depósitos (ex.: Lagoa Salgada, Neves-Corvo, Salgadinho e Estação), quer no apoio e dinamização da actividade de prospecção de empresas privadas (Matos e Martins 2003, 2004, ref. inc.). O INETI possui hoje um considerável volume de dados geológicos (mapas e sondagens), geofísicos (gravimetria, magnetometria, polarização induzida, Turam, sondagens eléctricas verticais e sísmica) e

geoquímicos (análises de minérios, sedimentos, solos e rochas) sobre a FPI, os quais possibilitam um bom conhecimento desta província metalogenética.

Em Portugal, a prospecção de sulfuretos metálicos continua a desenvolver-se, fruto da forte probabilidade de virem a ser descobertos jazigos de metais básicos semelhantes ao de Neves Corvo e da existência do valioso banco de dados do INETI. Como metodologia actual de prospecção, sobressai o cruzamento de dados em sistemas SIG tridimensionais e a modelação de informação geofísica (gravimetria, magnetometria e métodos electromagnéticos), muito útil em contextos geológicos complexos marcados por extensas coberturas de sedimentos turbidíticos da Fm. de Mértola, ou de sedimentos recentes de idade cenozóica (Eurozinc, Somincor, Red Corp, contratos de prospecção de 2005). A análise multielementar de rochas vulcânicas e o estudo da tipologia e arquitectura dos aparelhos vulcânicos tem-se revelado uma ferramenta útil no apoio à cartografia dos alinhamentos do Complexo Vulcano-Sedimentar. Este trabalho, conjugado com a sistemática datação de sedimentos do CVS a partir de microfósseis, permite uma melhor compreensão das sequências estratigráficas locais, o que se traduz numa percepção mais correcta das condições paleogeográficas que condicionaram a formação dos jazigos de sulfuretos durante o Paleozóico.

Actualmente a única mina em laboração na FPI é a de Neves Corvo, que é um projecto mineiro marcado por uma elevada tecnologia de produção de concentrados de Cu e Sn e, num futuro próximo, de Zn. A excelência do projecto mineiro tem conduzido à descoberta sistemática de novas reservas de minérios complexos estimando-se no final de 2004 que existam ainda por explorar cerca de 27,5 Mt com 5,54% de Cu, 0,44 Mt com 2,85% Sn e 50,4 Mt com 5,99% de Zn (Pacheco 2005). A actividade extractiva desenvolvida pela Somincor, concessionária da mina salienta-se ainda pelo respeito pelas normas ambientais mais exigentes sendo um bom exemplo de *green mining* (Gama 2005). Numa região subdesenvolvida como o Baixo Alentejo, a mina de Neves Corvo contribui em cerca de 4,2% para o peso na estrutura do emprego regional (Mateus *et al.* 2005).

Com a extinção do Instituto Geológico e Mineiro o Estado perdeu um interlocutor único na área da indústria extractiva. Actualmente as competências do ex. IGM distribuem-se pela Direcção Geral de Geologia e Energia (processos administrativos) e pelo INETI (*know-how* científico). O vazio criado com esta má opção governamental reflecte-se na ausência

de estratégias e de políticas bem definidas para o sector, quer a nível regional, quer a nível nacional.

Impacte ambiental das áreas mineiras no sector português da FPI

A maioria das minas diagnosticadas na FPI (ver quadros e Fig. 2) encontra-se numa situação de total abandono, testemunhando com as suas ruínas períodos não muito distantes em que a actividade extractiva de minérios metálicos se desenvolvia afincadamente (Oliveira *et al.* 2002, ref. inc.). A quase totalidade das explorações mineiras abandonadas estudadas não possui estruturas adequadas que minimizem o seu impacte ambiental, como consequência directa da ausência de programas de manutenção após o processo de fecho. O vazio de responsabilidades que entretanto se formou após o encerramento de cada mina, torna hoje difícil a aplicação do princípio do poluidor/pagador, cabendo ao Estado, através da empresa Exmin, a resolução do passivo ambiental herdado.

À excepção da mina de Neves Corvo, todas as explorações do sector português da FPI apresentam impactes ambientais significativos, sobretudo ao nível da rede hidrográfica. A Rib^a. de S. Domingos, afluente do rio Chança e as ribeiras do Roxo, de Corona e de Grândola, afluentes do rio Sado constituem os cursos de água que se encontram mais afectados pela drenagem não controlada de efluentes ácidos provenientes respectivamente das áreas mineiras de S. Domingos, Aljustrel, Lousal e Caveira. Os troços da rede hidrográfica situados a jusante destes centros mineiros encontram-se afectados em vários quilómetros com águas de pH ácido (<4) e elevada condutividade. Os sedimentos recolhidos em S. Domingos apresentam teores significativos em Pb, As, Sb, Cu, Zn, Fe, Ag (V, Cr). Na Rib^a. da Água Forte situada a NE de Aljustrel foram analisados sedimentos anómalos em Pb, Zn, Cu, As, Sb, Fe, P, Cr e V (Matos e Rosa 2001). Contudo, este impacto nos ambientes fluviais não é tão marcado como em Espanha, em parte devido à existência de estruturas de retenção de materiais finos, em parte devido ao clima seco e consequente fraco caudal existente nestes cursos de água ao longo de grande parte do ano. As minas atrás indicadas têm sido estudadas por vários autores (Henriques e Fernandes 1991, Pereira *et al.* 1993, Grimes e Carvalho 1994, Canteiro 1995, Pereira *et al.* 1995, Alvarenga 1997, Oliveira 1997, Felix 2000, Fonseca e Silva 2000, Matos e Rosa 2001, Oliveira *et al.* 2002, Baptista *et al.* 2003, Quental *et al.* 2005, Silva *et al.* 2005) conhecendo-se razoavelmente

os efeitos aí provocados pela actividade extractiva. Recentemente o INETI realizou a cartografia geológica e mineira destas áreas mineiras, em escala de grande detalhe (1/2500) o que possibilitou uma melhor compreensão da tipologia de escombros, do modo como se procedeu a actividade extractiva e do tipo de erosão que afecta as escombrelas e as infra-estruturas mineiras como cortas, poços, campos de cementação e de lixiviação, etc. (Matos 2004, Matos *et al.* 2005).

No ranking de perigosidade ambiental realizado pelo ex-IGM (Oliveira *et al.* 2002, ref. inc.) as minas da FPI surgem com um grau elevado devido ao grande volume de escombrelas observado as quais contêm teores acentuados em metais como Cu, Pb, Zn, As, Sb. As minas de S. Domingos, Aljustrel e Caveira destacam-se ainda pela presença de áreas significativas cobertas por escombros de rocha encaixante da mineralização, minério, escórias e materiais lixiviados estimando-se que o seu volume seja respectivamente de >5 Mt, 5 Mt e cerca de >2 Mt. Na área de influência directa das explorações mineiras os solos encontram-se afectados, observando-se porém uma contaminação pouco dispersa o que permite o desenvolvimento da floresta de eucalipto (S. Domingos e Caveira) ou pinheiro (Lousal). As áreas mineiras da FPI caracterizam-se ainda pela insegurança das suas cortas e poços, os quais se encontram geralmente desprotegidos. Em certos locais observa-se também o mau uso das infra-estruturas como depósito de lixo (sucata, monos,



Fig. 2. Perigosidade ambiental em áreas mineiras da Faixa Piritosa Ibérica (ad. Matos e Rosa 2001, Oliveira *et al.* 2002): 5 – grau máximo, 1 – grau mínimo. Sulfuretos maciços: 1 – Caveira, 2 – Lousal, 3 – Aljustrel, 4 – S. Domingos, 5 – Chança, 6 – Montinho; Cobre filoniano: 7 – Barrigão, 8 – Ferrarias, 9 – Juliana; Antimónio filoniano: 10 – Cortes Pereiras; Óxidos de ferro e manganês: 11 – Saramaga, 12 – Cercal, 13 – Lagoas do Paço, 14 – Ferragudo, 15 – Balança

Fig. 2. Environmental hazards in mining areas of the Iberian Pyrite Belt (acc to Matos and Rosa 2001, Oliveira *et al.* 2002): 5 – maximum level; 1 – minium level. Massive sulphides: 1 – Caveira, 2 – Lousal, 3 – Aljustrel, 4 – S. Domingos, 5 – Chança, 6 – Montinho; Vein copper: 7 – Barrigão, 8 – Ferrarias, 9 – Juliana; Vein antimony: 10 – Cortes Pereiras; Manganese and Iron oxides: 11 – Saramaga, 12 – Cercal, 13 – Lagoas do Paço, 14 – Ferragudo, 15 – Balança

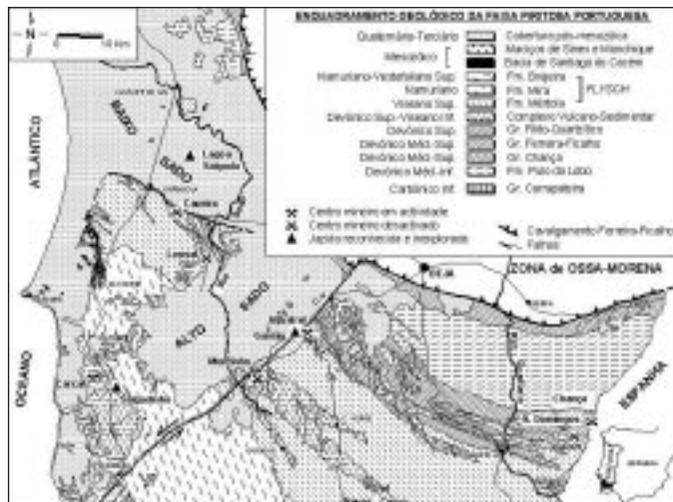


Fig. 1. Jazigos de sulfuretos maciços polimetálicos no sector português da Faixa Piritosa Ibérica (ad. de Matos e Oliveira 2003, geologia ad. SGP 1992)

Fig. 1. Deposits of massive polymetallic sulphides in the Portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt (acc. to Matos e Oliveira 2003, geology acc to SGP 1992)

doméstico e animais mortos) e de entulhos. As minas de S. Domingos, Aljustrel, Lousal e Caveira apresentam um bom potencial museológico em virtude do interesse didáctico do património mineiro e geológico que aí se pode observar (Matos *et al.* 2002a, 2005).

As restantes explorações mineiras de menores dimensões como Chança e Montinho (Py) e Ferragudo, Balança e Cercal (Fe-Mn) evidenciam um impacto muito inferior ao das grandes minas de sulfuretos maciços devido ao menor volume de escombros, à tipologia das mineralizações (no caso das minas de ferro e manganês), ao suave declive das encostas, ao clima seco do Alentejo e à baixa densidade populacional desta região (Matos e Rosa 2001, Oliveira *et al.* 2002). A maioria das escombrelas apresenta uma boa estabilidade fruto da sua reduzida altura, geralmente inferior a 3 m, do relevo aplanado e do elevado grau de abandono das

áreas mineiras. No entanto, a utilização de escombros para pavimentação de caminhos e construção de aterros, por parte de privados e de serviços municipais, é responsável por situações de elevada instabilidade verificadas em escombros das minas de S. Domingos, Lousal, Caveira, Montinho, Ferragudo, Balança e Barrigão. Esta actividade favorece ainda a disseminação dos elementos contaminantes pela envolvente das explorações e o desgaste rápido e ruptura dos corpos de escombros mais volumosos, com o consequente transporte de finos para a rede hidrográfica. Nas minas de S. Domingos, Lousal, Caveira, Balança e Barrigão foram também observados fenómenos preocupantes de erosão por abarrancamento e/ou deslizamento, muitas vezes facilitados pela ausência de cobertura vegetal. Conforme foi possível constatar durante os levantamentos de campo, a segurança mineira de cada exploração, variável de caso para caso, depende essencialmente do bom senso do(s) proprietário(s) do terreno que, preocupados em proteger pessoas e animais, vedam segundo critérios pessoais e de forma aleatória os poços e cortas abandonados.

Programas de recuperação ambiental em curso, o papel da Exmin

A empresa pública Exmin detém os direitos de concessão do programa de recuperação das áreas mineiras portuguesas desde 2001 (Decreto-Lei nº198-A/01), em particular da resolução do passivo ambiental referente à actividade extractiva desenvolvida até à publicação da actual lei de minas em 1990 (Dec.-Lei nº 90/90). A Exmin tem vindo a executar estudos de reabilitação ambiental e de caracterização das áreas mineiras sobretudo ao nível dos recursos hídricos locais. Actualmente encontra-se já concluído o projecto de reabilitação da mina de Aljustrel e estão em fase de estudo os casos de S. Domingos, Lousal e Caveira. Os modelos de intervenção propostos pela empresa privilegiam a concentração de escombros condicionada às características de cada espaço mineiro, o isolamento superficial das escombros principais através de valas perimetrais e da sua cobertura com terra vegetal, o controle de efluentes ácidos através da construção de bacias de evaporação e de pantanais de ribeira (*wetlands*) e o fecho de galerias e poços (Exmin 2003, Nero 2005, Martins 2005). A remediação do impacte ambiental das minas de pirite é largamente condicionada pela acentuada complexidade das estruturas geológicas e

mineralizadas aí existentes e pelo tipo de extracção realizado. A contaminação de aquíferos é facilitada pela presença de falhas com rejeitos assinaláveis e pela extensão dos trabalhos subterrâneos desenvolvidos muitas vezes desde a época romana. Por outro lado, observa-se um impacte de origem natural (litológica) associada ao processo de alteração meteórica dos chapéus de ferro dos jazigos. Esta contaminação estende-se em profundidade às zonas de enriquecimento supergénico e de sulfuretos, como é o caso dos depósitos de Algares e S. João em Aljustrel e das pequenas massas de pirite das minas do Lousal e da Caveira.

Salienta-se ainda o diálogo que o INETI e a Exmin têm vindo a desenvolver com os agentes económicos e autárquicos locais, de modo a que a aplicação das medidas de recuperação seja consonante com a protecção e valorização do património mineiro e geológico existente, o qual tem sido considerado como factor importantíssimo de desenvolvimento local. Na execução dos projectos de remediação a empresa tem também privilegiado a adopção de modelos que impliquem baixos custos de manutenção e monitorização das áreas reabilitadas.

Mina de S. Domingos

O jazigo de S. Domingos era formado por uma única massa de pirite sub-vertical com cerca de 560 m de extensão e 80 m de largura, e direcção aproximadamente E-W. Os teores médios eram de 1,25% de cobre, 2-3% de zinco e 45-48% de enxofre (Webb 1958, Carvalho 1971). Para além da pirite, encontram-se ainda outros minerais como a esfalerite, a calcopirite, a galena, a arsenopirite e sulfossais. A massa de S. Domingos apresenta na sua base (lado norte da corta) um *stockwork* bem desenvolvido, marcado pela presença de uma rede entrançada de veios de pirite com matriz siliciosa e espessura centimétrica (Matos 2004, Oliveira e Matos 2004b, Matos *et al.* 2004). Estes veios, canais alimentadores do jazigo, encontram-se ligados ao minério maciço que evidencia um enriquecimento em cobre a norte e em zinco mais a sul e a oeste. O minério encontra-se associado a rochas vulcânicas ácidas e básicas e a xistos negros piritosos do Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS). Nos bancos setentrionais da corta é possível observar texturas de tipo disjunção prismática em rochas vulcânicas ácidas coerentes (riólitos), atravessadas pelo *stockwork* principal. No lado sul do jazigo observa-se uma diabase intrusiva aflorante no sector oriental da cavidade. O controlo estrutural do jazigo é acentuado

e caracteriza-se por uma tectónica compressiva, marcada por cavalgamentos de direcção WNW-ESE e NW-SE e desligamentos de orientação N-S a NE-SW. Nos sectores NE e sul da corta o CVS contacta por cavalgamento com xistos e quartzitos da Formação Filito-Quartzítica de idade mais antiga (Fameniano-Estruniano). A erosão do jazigo originou um amplo chapéu de ferro totalmente explorado nos séc. XIX e XX e produziu o desenvolvimento de uma ampla rede de fracturas preenchidas por óxidos de ferro.

Exploração da mina de S. Domingos

Durante a época romana a parte superficial da massa de S. Domingos foi intensamente explorada para cobre e prata, através de poços e galerias. A exploração moderna da mina decorreu ao longo de mais de um século, entre 1857 e 1966, tendo sido extraídos pela empresa *Mason & Barry* cerca de 25 milhões de toneladas de minério (Cabral e Barata 1889, Mason & Barry 1962, Carvalho 1971, Oliveira e Oliveira 1996, Custódio 1996, Matos *et al.* 2002b, Rego 2004, Oliveira e Matos 2004b, ref. inc.). Esta actividade extractiva envolveu a exploração a céu aberto de uma única corta, iniciada em 1867, com cerca de 120 m de profundidade e de uma rede de galerias e poços que se desenvolveu até cerca de 420 m abaixo da superfície. Os trabalhos mineiros distribuem-se entre o poço nº 6 (malacate de extracção das *águas de mina* situado próximo das oficinas ferroviárias) e o poço nº 7, localizado a oriente da corta e destinado à sucção do ar viciado do interior da mina. Os métodos de exploração subterrânea utilizados foram os de câmaras e pilares e de corte e enchimento (*cut and fill*). Nos bancos da corta observam-se algumas galerias de exploração romanas, caracterizadas por uma secção muito reduzida. No seu sector ocidental localizam-se os túneis de acesso aos trabalhos subterrâneos construídos em 1859 e 1861 e o descarregador de minério, este localizado próximo da central eléctrica da mina.

Com o encerramento da actividade extractiva a corta de S. Domingos foi progressivamente inundada por águas ácidas com pH inferior a 2,5-3. Em torno da cavidade é possível observar vários tipos de escombrelas constituídas por materiais diversos como escórias modernas de cor negra, escórias romanas acastanhadas, fragmentos de *gossan* de cor avermelhada e rochas encaixantes da mineralização, como vulcanitos e xistos. Alguns destes corpos de escombros apresentam teores significativos de ouro admitindo-se a presença de 1 Mt de escombrelas

com cerca de 1g/t Au (Malavé e Bedia 1991, Matos 2004, Oliveira e Matos 2004b).

Cerca de 5km a sul da corta da mina, localizam-se os campos de lixiviação de minério de Moitinha e as fábricas de produção de enxofre da Achada do Gamo. Entre esta área industrial e a barragem do Chumbeiro, localizada cerca de 5km a jusante, evidenciam-se amplas superfícies não vegetadas afectadas por *drenagem ácida de mina*, relacionada com os métodos de processamento dos sulfuretos e com o controle de águas ácidas ao longo do vasto sistema de canais mineiros (Matos *et al.* 2003b,c). Nas margens dos açudes com águas ácidas e junto às ruínas da Achada do Gamo é possível observar minerais de neoformação como enxofre nativo e sulfatos como melanterite ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), calcantite ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e jarosite ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$). A inexistência de políticas protectoras do ambiente no seu processo de encerramento, traduz-se actualmente, numa pesada herança reflectida na presença de grande volume de escombrelas com teores elevados em metais como Cu, Pb, Zn, Fe, As e Sb. A lixiviação destes corpos de escombros por águas pluviais provoca um impacte negativo ao nível da Rib.^a de S. Domingos, afluente do Rio Chança, sobretudo pela presença de águas de pH ácido (<3) e elevada condutividade. A presença de condições ambientais atípicas neste vale constitui, por outro lado, um factor de biodiversidade existindo várias espécies de plantas (*urze*, *Erica andevalensis*), animais (microvertebrados) e microorganismos (arqueobactérias) adaptados às condições adversas de baixo pH e elevada concentração de metais. Vários estudos demonstram anomalias significativas nos seguintes meios amostrais (Oliveira 1997, Felix 2000, Matos e Rosa 2001, Matos *et al.* 2003b, Baptista *et al.* 2003, Quental *et al.* 2003):

- Solos – Pb, As, S, Cu, Cd, Hg.
- Sedimentos fluviais – Pb, As, Sb, Cu, Zn, Fe, Ag, (V, Cr).
- Escombrelas – Zn, Pb, Sb, Cu, Ag, Hg, Cd.
- Águas superficiais – Fe, Al, Mn, Co, Cu, As, Sb, Ni.

O modelo de reabilitação da área mineira de S. Domingos contemplará certamente o controle da drenagem superficial de águas limpas ao longo de cerca de 10 km do vale das Rib.^{as} de S. Domingos e Mosteirão, provavelmente a partir da recuperação e reutilização do vasto sistema de canais mineiros (Felix 2000, Exmin 2003). Uma pequena parte dos escombros poderá ser concentrada de modo a que se minimize a vasta dispersão de escombrelas dispostas ao longo do vale da Rib.^a de S. Domingos. O porto mineiro do Pomarão, localizado na margem esquerda do Rio Guadiana, cerca de 17km a sul da

mina, será também reabilitado. Os trabalhos de remediação deverão respeitar as características da paisagem mineira, a qual constitui a par da antiga corta o *ex-libris* da velha mina.

Mina de Aljustrel

A área mineira de Aljustrel contempla seis massas de pirite dispostas ao longo de uma estrutura do Complexo Vulcano-Sedimentar com cerca de 6km. Para além da pirite, encontram-se ainda outros minerais como a blenda, a calcopirite, a galena, a arsenopirite e sulfossais. Os jazigos encontram-se distribuídos por dois alinhamentos principais distribuindo-se da seguinte forma de SE para NW (Silva *et al.* 1997, Andrade e Schermerhorn 1971, Schermerhorn *et al.* 1987):

- Antiforma de Feitais: massas de Feitais (54 Mt) e Estação (>20 Mt).
- Antiforma SW: massas de Algares, Moinho (44 Mt), S. João (45 Mt) e Gavião (25 Mt).

As massas de Algares e S. João são aflorantes e foram intensamente exploradas quer em profundidade, quer a céu aberto, em cortas pouco profundas. O jazigo do Moinho foi explorado pela companhia Pirites Alentejanas para cobre até 1993, produzindo-se então cerca de 1,2 Mt/ano de concentrado. Por motivos económicos a mina de Aljustrel suspendeu a sua actividade extractiva entrando então em fase de lavra suspensa. Actualmente a empresa Pirites Alentejanas/Eurozinc está a desenvolver estudos de reconhecimento de novas reservas de zinco nas massas de Estação, Moinho e Feitais, prevendo-se que seja reiniciada a exploração destes dois últimos jazigos a curto prazo (ver Quadro 1).

A exploração de pirite na mina de Aljustrel

A parte superficial dos jazigos de Algares e S. João foi objecto de intensa mineração na época romana,

tendo sido explorada principalmente a zona de enriquecimento supergénico dos jazigos, fundamentalmente para cobre, prata e ouro. Neste período foi edificado o povoado de Valdoça, localizado junto ao chapéu de ferro e desenvolvidos trabalhos mineiros até cerca de 100 m de profundidade (Martins 1996, Domergue 1983). Testemunham esta actividade extractiva os escoriais romanos, diversos poços e galerias mineiras e numerosos artefactos. Na segunda metade do séc. XIX deu-se o reinício da exploração mineira tendo a mina sido concessionada entre 1849 e 1854 a Sebastião Gargamala e, posteriormente, à firma Lusitanian Mining Co.. A Empresa de Mineração Transtagana deteve os direitos de exploração de S. João e Algares de 1867 a 1895, falindo porém em 1881 (Silva *et al.* 1997, Leitão 1998). A companhia Fonseca, Santos e Viana é temporariamente concessionária, entre 1895 e 1898. Neste ano os direitos de exploração de Aljustrel são adquiridos pela Socièté Anonyme Belge des Mines de Aljustrel, à qual sucede em 1956 a empresa Mines d'Aljustrel S.A.. Desde 1973 e até à actualidade a companhia Pirites Alentejanas detém os direitos de exploração, referentes às concessões de Aljustrel e Gavião.

Após a Segunda Guerra Mundial verificou-se um rápido aumento da produção de minérios, extraíndo-se cerca de 200000 t a 300000 t anuais (ex. 1780521 t (1946-1953), 248068 t em 1953, 195033 t em 1977). O esgotamento do depósito de Algares e as dificuldades geotécnicas de exploração do jazigo de S. João, levaram a empresa a desenvolver um intenso esforço de prospecção iniciado na década de 50 com apoio, entre outras entidades, do Serviço de Fomento Mineiro. O jazigo do Moinho é identificado em 1954 após descoberta pelo SFM da estrutura mineralizada do Cerro do Carrasco através do método Turam. Em 1964 é descoberta a massa de Feitais através de levantamento gravimétrico a cargo da Lea Cross Geophysics. Utilizando a mesma técnica geofísica são descobertas as massas de Estação (SFM-ano 1969) e do Gavião (Sociedade Mineira de Santiago-

Jazigo	Tonelagem (Mt)	Cu%	Zn%	Pb%	Reservas actuais
Feitais	54.0	0.43	3.43	1.12	18.4 Mt @ 6.02% Zn
Estação	~20	~0.31	~4.84	~1.51	14.2 Mt @ 5.2% Zn
Moinho	44.1	0.85	2.98	1.10	5.9 Mt @ 4.69% Zn
S. João	~45	~0.87	~3.37	~1.20	
Gavião	21.6	1.51	2.98	1.01	

Quadro 1. Reservas dos jazigos de sulfuretos de Aljustrel (Silva *et al.*, 1997; Eurozinc, 2004)
 Table 1. Aljustrel pyrite deposits reserve (Silva *et al.*, 1997; Eurozinc, 2004)

ano de 1970), Queiroz *et al.* 1989, Leitão 1998, Martins e Matos 2003, ref. inc..

Modernamente o minério extraído em Aljustrel era tratado na lavaria de S. Antão, localizada próximo da falha da Messejana, no sector NW da mina. No entanto, durante a quase totalidade do séc. XX e séc. XIX e durante o período romano o minério era tratado em Algares. Aqui, nas suaves encostas da margem esquerda do vale da Rib^a. de Água Forte foram depositados escoriais romanos e, desde o séc. XIX, escombrelas de pirite britada e de pirite ustulada. Por motivos de ordem ambiental o processo de ustulação do minério (queima ao ar livre) foi realizado no séc. XIX cerca de 6km a ESE de Aljustrel, no lugar de Pedras Brancas, local onde ainda se podem observar *teleiras*, pequenos fornos de forma cónica onde a pirite era queimada (Alves 2000). O cobre metálico era obtido em Algares através do processo de cementação em que se utilizavam águas muito ácidas ricas em metais, bombadas do interior da mina. Estas águas eram ainda enriquecidas em cobre através da sua circulação sobre escombrelas de minério britado, o qual sofria um processo de lixiviação química. Os efluentes provenientes deste processo eram concentrados em tanques de cementação onde se lhe juntava sucata, obtendo-se o cobre por toca iónica com o ferro. As *águas férreas* resultantes da cementação eram posteriormente drenadas para a barragem próxima e daí para o vale, caracterizando-se por uma tonalidade avermelhada e um pH muito ácido (<3) justificando o nome da ribeira (*Água Forte*).

A exploração de óxidos de ferro e manganês em Aljustrel

Nas colinas de Aljustrel podem observar-se numerosas explorações de óxidos de ferro e manganês representadas por pequenas cortas e galerias abandonadas. A ocorrência deste tipo de mineralizações é algo esparsa e está representada pela existência de hematite e pirolusite claramente associadas a níveis de jaspe, xistos borra-de-vinho e xistos siliciosos da Formação do Paraíso do topo do Complexo Vulcano-Sedimentar (Matos 2005). As zonas de oxidação e de enriquecimento supergénico destes jazigos foram exploradas essencialmente durante o séc. XIX por pequenas companhias de carácter familiar. Na região de Aljustrel este tipo de actividade levou entre 1869 e 1873 à constituição das seguintes concessões mineiras: Cabeço do Moinho, Herdade de Monte Ruas, Serra dos Feitais, Cerro da Cabeça do Homem, Malpique, Nossa Senhora do

Castelo, Moinho Velho, Penedões, Mangancha, Moinho de Vale S. João e Sto. Antão.

O desenvolvimento de actividades mineiras ao longo de milhares de anos na região de Aljustrel reflecte-se actualmente em vastas áreas ocupadas por escombrelas com minério, escórias e rochas encaixantes das mineralizações de sulfuretos. A geração de águas ácidas por alteração dos minérios de pirite (*drenagem ácida de mina*) provoca um impacte significativo na rede hidrográfica quer na zona sul da vila (Rib^a. de Água Forte) quer na região norte da mesma (Rib^a. da Água Azeda e Barranco do Farrobo). Vários estudos demonstram anomalias significativas nos seguintes meios amostrais (ICAT 1998, Matos e Rosa 2001, Matos *et al.* 2003b):

- Solos – As, Ba, Cd, Pb, Hg, Zn.
- Sedimentos fluviais – Pb, Zn, Cu, As, Sb, Fe, P, Cr, V.
- Escombrelas – Pb, Zn, Cu, As, Sb, Fe, S.
- Águas superficiais – Fe, Al, Mn, Co, Cu, As, Sb, Ni.

A Exmin prevê reabilitar o centro mineiro de Aljustrel de modo faseado, privilegiando a concentração de escombrelas na área industrial de Algares (Exmin 2003, Martins 2005). Serão assim removidos para este local os escombros existentes em S. João e parte das escombrelas de Pedras Brancas. Os resíduos mineiros concentrados em Algares serão cobertos com camadas impermeabilizantes e terra vegetal e rodeados de valas perimetrais. A jusante serão construídas várias bacias de evaporação e pantanais de ribeira.

Mina do Lousal

A mina do Lousal foi explorada entre 1900 e 1988 fundamentalmente para pirites, quer à superfície, quer em profundidade até cerca de 500 m (Poço nº1). A descoberta do jazigo do Lousal foi reivindicada por António Manuel em 1882, que terá identificado o chapéu de ferro das massas *Sul* e *Extremo Sul*, situado na margem esquerda da Rib^a. de Corona (Tinoco *et al.* 1998, Matos e Oliveira 2003b, ref. inc.). No Lousal encontram-se definidas cerca de 18 massas de sulfuretos maciços polimetálicos de pequena dimensão, possuindo a principal (*massa S. José*) cerca de 40 m de possança. As massas *Sul*, *Extremo Sul*, *Central*, *Oeste*, *Miguel* e *Norte* foram exploradas de forma intensa até aos anos 20, em virtude dos elevados teores em Cu observados na zona de enriquecimento supergénico destes corpos aflorantes e sub-aflorantes. Posteriormente, os trabalhos mineiros foram dirigidos para as lenticulas *José* e *Fernando* passando a ser a pirite o principal produto da actividade extractiva. No ano de 1928 a

SAPEC, empresa do grupo Mines et Industries S.A., detentor da concessão mineira, inicia a produção de superfosfatos na sua unidade fabril do Barreiro, sendo a par da CUF um dos clientes das pirites do Lousal. No final da década de 50 inicia-se o processo de mecanização das operações mineiras e a construção de um terminal ferroviário. O método de exploração baseava-se em cortes horizontais ascendentes com enchimento posterior, sendo as frentes mineiras contínuas e a sua progressão do tipo degrau invertido simples (Silva 1968). O minério extraído era escoado pelo Poço nº 1 e sujeito a um processo de escolha manual, trituração, granulação e crivagem. Entre 1946 e 1953 a extracção de pirites no Lousal atinge um volume de 1580462 t, valor situado entre as produções das minas de Aljustrel e S. Domingos para este período temporal. Durante a década de 60 e início dos anos 70 a produção anual foi de 230000-250000 t, tendo o minério cerca de 45% de S e 0,7% de Cu (Matzke 1971). Tadeu (1989), *in* Leistel *et al.* (1998), estima para os sulfuretos maciços da Mina do Lousal uma tonelagem total de 50 Mt, com 0,7% Cu, 0,8% Pb e 1,4% Zn. A pirite, sulfureto largamente predominante no Lousal, é acompanhada de calcopirite, galena, esfalerite, pirrotite, marcassite, bournonite, tetraedrite, cobaltite, saflorite e ouro nativo (Strauss 1970). Globalmente as massas de sulfuretos têm um carácter lenticular, observando-se frequentemente intercalações das rochas encaixantes da mineralização nomeadamente xistos negros, diabases, espilitos, metavulcanitos ácidos, xistos negros silicificados pelo processo de alteração hidrotermal e níveis de carbonatos (siderite, anquerite e dolomite). No centro mineiro do Lousal podem ser considerados dois horizontes principais de sulfuretos maciços com atitude geral N45°W, 80°SW, que seguidamente se indicam de SE para NW: Grupo W: massas *Extremo Sul*, *Sul* e *Oeste* (corpos mais superficiais); Grupo E (principal): massas *Central* e *Miguel* (corpos mais superficiais), *José Sul*, *José*, *Fernando*, *Norte*, *Norte-Leste*, *António* (corpos mais profundos).

No Lousal o impacte ambiental mais negativo verifica-se ao nível da rede hidrográfica e dos solos proximais situados junto às escombrelas da antiga mina, observando-se valores anómalos nos seguintes meios amostrais (Henriques e Fernandes 1991, Oliveira 1997, Fonseca e Silva 2000, Matos e Rosa 2001, Oliveira *et al.* 2002, Silva *et al.* 2005):

- Solos – Pb, Zn, Cu, Sb, As, Cr, Ag, Au (Co e Cd).
- Sedimentos fluviais – Pb, Zn, Cu, Sb, As, Cr, Ag, Au (Co e Cd).
- Escombrelas – Cu, Pb, Zn, As, Sb, Ag, Au, Co, Bi, Mo, Hg e Tl.
- Águas superficiais – Cu, Zn, Mo, Cd, Se, Fe.

Outras fontes de poluição não menos importantes são os resíduos urbanos e lixeiras clandestinas que se observam um pouco por toda a área mineira incluindo poços, cortas e barragens. Como área problemática surge o depósito de minérios situado nas proximidades da estação de caminho de ferro, cujos efluentes drenam directamente para a Rib.^a de Corona, afluente do Rio Sado (Silva *et al.* 2005, Matos e Oliveira 2003). Este problema foi recentemente agravado pela mistura de materiais de aterro com as escombrelas de pirite moída. O impacte deste local ao nível da rede hidrográfica é significativo tal como acontece com a antiga corta. Aqui, a escombrela/aterro situada a jusante da cavidade, que tem por principal função impedir o contacto entre as águas ácidas efluentes da mina e as águas da Rib.^a de Corona em época de cheias, encontra-se em adiantado estado de erosão fluvial, fruto da sua localização numa parte côncava da margem esquerda daquele curso de água. As barragens com águas ácidas de mina situadas a NE do Museu encontram-se inoperacionais drenando também directamente para a Rib.^a de Corona. Estas represas estão muito assoreadas e preenchidas parcialmente com escombros, materiais decantados da lavaria e lixo.

O modelo de reabilitação da mina do Lousal encontra-se ainda em fase de estudo, porém será certa a reabilitação da corta da mina e o seu isolamento do vale da Rib.^a de Corona, local onde serão construídos *wetlands* (Exmin 2003, Martins 2005). Provavelmente, serão também concentrados na corta da mina os pequenos corpos de escombros dispersos ao longo da *estrada da pirite*, caminho por onde circulavam as vagonetas com minério, situado entre o edifício da trituração e a antiga estação ferroviária. A intervenção a realizar nesta mina deverá respeitar os projectos de musealização em curso, a cargo da Fundação Frederic Velge.

Mina da Caveira

A exploração moderna da mina da Caveira inicia-se em 1854 com a descoberta dos extensos escoriais romanos e dos chapéus de ferro por Ernest Delegny (Cabral e Barata 1889, Matos *et al.* 2003b). Concessionada em 1863, a exploração da parte superficial das massas de sulfuretos Salvador, Esperançosa e Frederica decorreu de forma irregular até 1919, sendo perturbada pelo grande incêndio ocorrido entre 1880 e 1883, resultante da combustão espontânea de pirites. Entre 1936 e a década de setenta a companhia Mines et Industries explorou a

mina para produção de enxofre e ácido sulfúrico com uma produção anual geralmente inferior a 100000 t.

A estrutura geológica da Caveira apresenta uma elevada complexidade, caracterizando-se por um antifórma de orientação geral N-S, cujo núcleo é constituído por filitos, xistos e quartzitos do Gr. Filito-Quartzítico (Fameniano Médio-Sup.). Nos flancos desta estrutura ocorrem sequências vulcano-sedimentares do CVS, marcadas pela presença de uma unidade inferior de vulcanitos ácidos porfiríticos xistificados, localmente com forte alteração quartzo-sericítica e por vulcanitos ácidos finos, também xistificados (Matos 2005). Enquanto que no lado ocidental da estrutura se reconhecem sedimentos vulcanogénicos finos, no seu lado leste afloram xistos cloríticos, xistos negros e intercalações de chertes e jaspes. No sector norte do antifórma de Caveira ocorrem ainda intrusões de rochas básicas. As massas de sulfuretos Salvador, António, Pero-Cuco e Canal ocorrem em ambos os flancos do antifórma, no contacto entre os vulcanitos inferiores do CVS e xistos negros da base do CVS ou eventualmente do PQ, onde se reconhecem localmente estruturas de tipo *stockwork* (dados de sondagens Castelo Branco 1994, Matos *et al.* 2003b, Matos 2005). À superfície as mineralizações de sulfuretos são acompanhadas de forte caulinitização das rochas vulcânicas. O controle estrutural é forte sendo o contacto CVS/Gr. FQ marcado por forte deformação (Alves *et al.* 1985).

A acentuada erosão da escombreira principal da mina da Caveira, localizada numa encosta de forte declive, constitui o principal impacte desta mina abandonada. O açude de protecção existente encontra-se danificado e inoperacional, o que permite a disseminação de efluentes da escombreira, constituída por fragmentos de pirite safrão, vulcanitos e xistos negros. A proliferação de poços e de pequenas cortas desprotegidas torna a mina muito insegura, o que é ainda agravado por subsidências na área da massa Salvador. Autores como Fonseca e Silva (2000) e Oliveira (1997), indicam a presença de anomalias significativas nos seguintes meios amostrais:

- Solos – Cu, Pb, Zn, As, Hg, Mo, S, Sb.
- Sedimentos fluviais – Cu, Pb, Zn, Sb, As, Hg.
- Escombreiras – Cu, Pb, Zn, As, Hg, Mo, S, Sb.
- Águas superficiais – Cu, Zn, As, Mo, Se, Cd, Fe.

Através do controle dos efluentes da mina será possível diminuir significativamente o seu impacto na Rib.^a de Grândola, afluente do Rio Sado. Praticamente todas as infraestruturas da área mineira necessitam de vedação adequada. A remoção de escombros de escoriais romanos para pavimentação de caminhos deverá ser proibida.

Novas perspectivas para as áreas mineiras da FPI, o interesse na protecção do património mineiro e geológico

Com o declínio da actividade extractiva muitos centros mineiros da FPI encontram-se em processo de declínio social, desertificação humana, degradação patrimonial e ambiental. Apesar do ambiente pessimista vivido um pouco por toda a Faixa Piritosa, surgem novos pólos de desenvolvimento associados à valorização do património geológico e mineiro. Através da parceria entre os organismos estatais, a administração local, ONG's tem sido possível criar projectos de I&D com impactes significativos a nível regional. Algumas minas como Rio Tinto, Tharsis, Aljustrel, S. Domingos, Lousal e Caveira apresentam cortas e galerias em bom estado de conservação e ventilação, que permitem a observação e estudo das mineralizações e seus encaixantes, merecendo o estatuto de monumento geológico (Matos *et al.* 2001, 2005, Matos e Martins 2004). A promoção da herança cultural da Faixa Piritosa, como região ibérica com um passado mineiro milenar, pode também ser efectuada através da constituição de Circuitos Geoeducacionais, que promovam as Geociências junto do grande público. Alguns centros mineiros contam já com museus/parques de referência como as minas de Rio Tinto, Lousal e Cova dos Mouros/Ferrarias (Matos *et al.* 2003a, Oliveira e Matos 2004a, ref. inc.), ver Quadro 2. Para o crescimento sustentado destes pólos culturais torna-se necessário consolidar e ampliar o conhecimento sobre as estruturas mineralizadas e o modo como estas foram exploradas ao longo dos tempos. Criam-se assim focos de interesse com impacte social muito positivo, possibilitando às comunidades mineiras a preservação dos saberes e viveres acumulado ao longo de décadas de labor mineiro.

A partir da experiência adquirida com a valorização do Parque Mineiro Cova dos Mouros e com o recente diagnóstico ambiental de áreas mineiras degradadas, o ex-IGM iniciou em 2003 o Projecto ITUR (Programa Interreg IIIA) dedicado à valorização do património geológico e mineiro da FPI. Com este projecto ganha forma o desenvolvimento de uma rede de sítios mineiros portugueses da FPI constituída pelas minas de S. Domingos, Aljustrel e Lousal e pelo Parque Mineiro da Cova dos Mouros, localizado na região algarvia da província (Matos *et al.* 2005). Em cada sítio encontram-se já identificados e implantados vários percursos geo-eco-educacionais que abordam temas das geociências como a estratigrafia, a metalogenia, a paleontologia, a

Mina	Tipo de exploração	Segurança	Escombreiras			Impacte			Povoações 10km	Uso		AVP
			Volume	Estabilidade	Metais	Solos, sedimentos	Rede Hidrográfica	Paisagem		Solo	Água	
Sulfuretos maciços polimetálicos												
S. Domingos	CS	C3P2	3	3R	3	3	3	3	10A	APF	-	5
Lousal	CS	C3P2	3	3R	3	3	3	3	2V3A	F	-	5
Caveira	CS	C3P3	3	3R	3	3	3	3	2V1A	F	-	5
Aljustrel	CS	C2P1	3	3	3	3	3	3	1V6A	P	-	5
Chança	S	P3	1	3	3	3	2	2	2A	APF	-	4
Montinho	CS	P3	1	2R	3	3	1	2	1V2A	APF	-	3
Filonianos e estratiformes (Mn)												
Ferragudo	CS	C2P3	2	1R	2	2	1	2	1V2A	APF	-	3
Rosalgar	CS	C2P2	1	2	2	3	1	2	1V1A	APF	RGH	2
Balança	CS	C1P1	2	1R	2	2	2	2	2A	P	-	2
Lag. do Paço	CS	C1	1	1	1	2	1	1	2V2A	AP	-	1
Saramaga	CS	C2	1	1	1	-	1	1	3A	PF	-	1
Filonianos (Cu, Sb)												
Juliana	S	C1	1	1	2	2	2	1	4A	APF	GH	2
Barrigão	S	P3	2	2R	3	3	2	2	2A	P	-	2
Ferrarias	S	P1	1	1	2	2	1	1	1V1A	PF	G	1
C. Pereiras (Sb)	S	P2	1	2	3	3	2	2	1V1A	APF	R	3

Quadro 2. Avaliação preliminar da perigosidade ambiental de áreas mineiras da Faixa Piritosa Ibérica. Avaliação preliminar (AVP): grau máximo (5) a mínimo (1), outros parâmetros: 3 – elevado, 2 – médio, 1 – baixo. Tipo de exploração: C – corta, S – subterrânea. Segurança: C – cortas, P – poços Estabilidade de escombreiras: R – Remoção recente. Povoações: V – vilas, A – aldeias. Uso do solo e da água: A – agricultura, P – pastorícia, F – floresta, R – rega, G – gado, H – consumo humano

Table 2. Preliminary assesment of the environmental hazard of mining areas of the Iberian Pyrite Belt (acc. to Matos & Rosa 2001, Oliveira et al. 2002): Preliminary assesment for maximun level (5) to minimum level (1), others parameters: 3 – high, 2 – medium, 1 – low. Type of recent xplotation: C (pit), S (underground). Safety: C – pits, P – safts. Tips stability: R – reshaped. Localities: V – villages, A – small villages. Soil and water use: A – agriculture, P – pasturs, F– forest, R - irrigation, G – cattle, H – human consumption

geologia estrutural e a geomorfologia e outros como a fauna, a flora e os ecossistemas de cada região e o seu património mineiro. Sempre que possível, o apoio aos trajectos é assegurado pelas entidades gestoras daqueles territórios mineiros como os municípios de Aljustrel e de Mértola (Fundação Serrão Martins de S. Domingos), a Fundação Frederic Velge/Museu Mineiro do Lousal ou a Guadiana Parque (Cova dos Mouros). A metodologia desenvolvida na concepção dos percursos geoambientais contempla a implantação de trajectos devidamente assinalados com painéis, que são percorridos de forma autónoma pelos visitantes. Em cada painel é fornecida informação técnica de qualidade sobre cada lugar, tendo sido realizado um esforço na sua descodificação, privilegiando-se a comunicação com o visitante. A produção de *mapas de sítio mineiro* simplificados, onde são referenciados os principais elementos patrimoniais de cada área, constitui um factor fundamental na percepção do espaço-mina, do modo como aí decorreu a actividade extractiva e do impacto desta no meio ambiente. A recuperação ambiental das minas portuguesas da FPI, a cargo da Exmin (Nero 2005, Martins 2005), deverá ter em conta o

desenvolvimento futuro destes projectos turísticos, devendo optar-se por intervenções que permitam a preservação da paisagem mineira. A *revolução verde* que se avizinha pode, em caso extremo, inviabilizar o turismo temático, o que deve ser evitado através da realização de projectos de recuperação consensuais. Em casos específicos o equilíbrio pode ser adquirido através da concepção de parques de escombreiras devidamente protegidos por valas perimetrais, exemplificativos do tipo de escombros de cada mina, os quais podem vir a ser palco de intervenções culturais como o *land art* (Matos e Rodrigues 2005). Projectos como o programa *Descida à Mina* da Fundação Frederic Velge (Oficina de Arquitectura 2004, Relvas et al. 2005) possibilitarão a revitalização das áreas mineiras e a sua transformação num centro de ciência interactiva.

A Faixa Piritosa como espaço cultural europeu

A FPI surge cada vez mais como um espaço peninsular trans-fronteiriço, comum ao Alentejo, ao Algarve e à Andaluzia, justificando-se plenamente a sua candidatura a Património da Humanidade,

processo já iniciado por um grupo de municípios alentejanos. Os corredores S. Domingos-Corte Pinto-Chança-Vuelta Falsa-Paymogo, Pomarão-Herrerias-Tharsis e Alcoutim-San Lucar assumem-se como os eixos mais fortes de ligação entre os dois povos ibéricos (Matos e Martins 2004, Matos *et al.* 2005). Ao centralismo actual da mina de Rio Tinto em Espanha, deverá contrapor-se em Portugal o desenvolvimento em rede de centros mineiros, onde se salientam as mais valias e as especificidades de cada sítio. Se em S. Domingos sobressai a nobreza da paisagem mineira, sublinhada pela corta inundada e pela variada tipologia de escombros e pela aridez do vale e das fábricas de enxofre da Achada do Gamo, em Aljustrel destacam-se os imponentes afloramentos do chapéu de ferro de Algares, da corta de S. João e das pedreiras de Malpique e do Moinho. Minas de média dimensão como a de Lousal apresentam igualmente vantagens no seu aproveitamento turístico uma vez que possibilitam a realização de percursos pedonais de curta dimensão. Mesmo um pequeno parque temático como a Cova dos Mouros, desempenha um papel fundamental na rede de sítios, constituindo um elo de ligação ao amplo mercado algarvio de turismo. A realização de visitas com guia constitui, por vezes, a melhor solução para as áreas mineiras de acesso difícil e de elevada insegurança como a mina da Caveira (Quadro 3). As pequenas minas de cobre de Almodovar, Martinlongo e Odeleite e as de óxidos de ferro e manganês de Castro Verde, Mértola e Cercal, podem ainda ser incluídas em percursos temáticos todo-o-terreno, devidamente apoiados por *road-field books*, que

possibilitem trajectos seguros. Porém, na dinamização do interesse pelas áreas mineiras alguns afloramentos devem pelo seu interesse científico e/ou raridade ser resguardados de qualquer dano, como as jazidas de fósseis e os afloramentos de sistemas hidrotermais e de minerais.

Através do projecto pan-europeu ENMR-European Network of Mining Regions, o INETI tem vindo a efectuar uma análise de tipo SWOT às potencialidades das áreas mineiras do Alentejo e em particular da FPI (Quadro 4). A abordagem realizada permite identificar quatro sectores empresariais onde o desenvolvimento de projectos de ID&T deve continuar a ser encarado como um objectivo prioritário, nomeadamente (Matos e Martins 2005):

- Extração de minérios de cobre, de zinco, de estanho, de ouro e de prata.
- Prospecção de jazigos minerais de ouro, de cobre, de zinco, de prata, de níquel, de crómio e de platinóides.
- Recuperação ambiental de áreas mineiras afectadas por drenagem ácida e por contaminação por efluentes mineiros.
- Dinamização e desenvolvimento de turismo temático associado a áreas mineiras.

A construção de um Centro de Estudos Geológicos e Mineiros do Alentejo (CEGMA) tem sido proposta como um instrumento fundamental para a dinamização do sector extractivo na região do Alentejo e para a protecção e valorização do conhecimento geológico-mineiro existente. Além de inovador e necessário, o CEGMA representa uma mais valia para o Alentejo, nomeadamente no que se

Mina	Tipo	Património				Geologia			S	ID 1 a 3
		PM	LP	MP	CM	M	A	G		
S. Domingos (Py)	∩©	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-	3
Aljustrel (Py)	∩©	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	-	3
Lousal (Py)	∩©	◆	◆	◆	-	◆	◆	◆	+	3
Caveira (Py)	∩©	◆	◆	◆	-	◆	◆	◆	-	3
Chança (Py)	∩	-	-	◆	-	-	◆	◆	-	2
Brancanes (Cu)	∩	-	◆	◆	◆	◆	-	-	+	3
Ferrarias (Cu)	∩	-	-	◆	-	◆	-	-	+	2
Rosalgar (Mn)	∩©	-	◆	◆	-	◆	-	◆	+	2
Ferragudo (Mn)	∩©	-	◆	◆	-	◆	-	◆	-	1

Quadro 3. Minas portuguesas da Faixa Piritosa com património geológico e mineiro mais significativo. Tipo de exploração: © céu aberto, ∩ subterrânea. Património mineiro: PM – povoado mineiro; LP - lavaria/estação de processamento; MP - malacates, poços e galerias; CM - chaminés metalúrgicas. Geologia: M – minério; A – alterações hidrotermais; G – litologias e estruturas tectónicas com interesse científico e/ou pedagógico. S - Segurança mineira: + mina segura, - mina perigosa. ID – Interesse didáctico: 1 – Moderado, 2 – Interessante, 3 – Muito Interessante

Table 3. Portuguese mines in the Piritic Belt with significant mining and geological heritage. Type of exploitation: © open cast, ∩ underground. Mining heritage: PM – mining village; LP – processing plant; MP – shafts and galleries; CM – metallurgical chimney. Geology: M – ore; A – hydrothermal alteration; G – lithologies and tectonic structures with scientific or educational interest. S – Mining safety: + safe mine, - dangerous mine. ID – Didactic interest: 1 – Moderrate, 2 – Interesting, 3 – Very interesting

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Potencial metalogenético do Alentejo para jazigos de ouro, prata e níquel (Ossa Morena) e de cobre e zinco (Faixa Piritosa Ibérica). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de estratégia governamental para o sector.
<ul style="list-style-type: none"> • Razoável conhecimento geológico e mineiro do Alentejo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividade de prospecção prejudicada pela morosidade governamental na atribuição de áreas.
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de um núcleo regional do INETI em Beja, de apoio à actividade de prospecção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura dimensional das empresas.
<ul style="list-style-type: none"> • Papel de interlocutor exercido pelo INETI entre os vários parceiros industriais e a nível trans-fronteiriço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escassez de recursos humanos qualificados e debilidade de quadros intermédios.
<ul style="list-style-type: none"> • Banco de dados do INETI com dimensão significativa – cartografia geológica, geofísica e geoquímica; amostras de solos e de carotes de sondagens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de sistemas SIG de gestão de áreas de prospecção/exploração a nível das diversas entidades que regem o ordenamento do território.
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de fundações em áreas mineiras, que possibilitam uma melhor gestão do território. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade na promoção de novas actividades económicas a jusante da actividade extractiva.

Quadro 4. Potencialidade de desenvolvimento das áreas mineiras do Alentejo

Table 4. Alentejo's mining areas potential development

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento em rede dos centros mineiros do sector português da Faixa Piritosa Ibérica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rede ibérica (Faixa Piritosa e outras regiões) ainda em fase de estudo.
<ul style="list-style-type: none"> • Fundação Frederic Velge (Lousal) e Fundação Serrão Martins (S. Domingos). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de estratégias de promoção das "rotas do minério" a nível nacional e via Web.
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de oferta turística a nível de alojamento, restauração e artesanato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de camas a nível de pousadas de juventude.
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de núcleos museológicos em Lousal, Aljustrel e S. Domingos e de um parque mineiro em Martinlongo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sustentabilidade dos projectos de musealização e turismo.
<ul style="list-style-type: none"> • Papel de interlocutor exercido pelo INETI e pela CCDR-Alentejo entre os vários parceiros regionais e a nível trans-fronteiriço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificil implantação no mercado turístico português.
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de interligação com o projecto Alqueva no caso das regiões mineiras de Barrancos, Alandroal e Orada (Zona Ossa Morena). 	

Quadro 5. Potencialidade de desenvolvimento do turismo geominero no Alentejo

Table 5. Geomining tourism potential development in the Alentejo

refere ao apoio e fomento de projectos de ID&T na área das geociências e ao impacto positivo na economia nacional e regional.

Um dos sectores emergentes que o INETI tem vindo a apoiar é o turismo temático associado às áreas mineiras alentejanas. As excelentes características geológicas e paisagísticas do Alentejo conferem-lhe um potencial enorme nesta área económica, possibilitando a criação de um *cluster* de turismo mineiro e/ou de natureza (Quadro 5).

Conclusões

A Faixa Piritosa é rica em sítios com interesse geológico e mineiro que podem ser alvo de programas de desenvolvimento de turismo cultural. Esta valorização do conteúdo patrimonial das áreas mineiras deve ser executada em consonância com os projectos de reabilitação ambiental. Na reabilitação

das áreas mineiras portuguesas a paisagem mineira, enquanto testemunho da actividade extractiva, deverá ser preservada de modo a que não se perca a identidade do território e do seu uso no passado. Por serem complexas e delicadas, as intervenções nas áreas mineiras durante a sua fase de *post mining* exigem por um lado bom senso e equilíbrio na adopção das técnicas de remediação e, por outro lado, um excelente conhecimento de cada sítio mineiro a nível geológico, mineiro, metalogenético, geoquímico e ecológico. O investimento no saber destas áreas permitirá a definição de melhores políticas de protecção ambiental. A monitorização e manutenção das áreas mineiras recuperadas deverão ser devidamente asseguradas pelo Estado, certamente com o apoio da Exmin e das entidades locais, em sintonia com os projectos de musealização actuais ou futuros.

O valioso espólio documental que o INETI possui sobre o Alentejo, fruto de inúmeros trabalhos de

cartografia temática aqui desenvolvidos de forma sistemática desde a década de cinquenta, permite o apoio a diversas actividades económicas como a extracção de minérios, a exploração de rochas ornamentais, o ordenamento do território e a prospecção e caracterização de recursos hídricos. Este conhecimento profundo da geologia da Faixa Piritosa é uma mais valia na realização de programas de: ordenamento do território; prevenção de riscos geológicos; gestão, exploração e prospecção de recursos mineiros e hídricos; preservação e valorização do Património Geológico e Mineiro. A conjuntura actual do preço dos metais torna de novo atraente o investimento na actividade extractiva na Faixa Piritosa, tornando expectante e previsível a descoberta de novos jazigos, perpetuando-se assim o espírito mineiro desta região do SW da Península Ibérica, território onde desde há 5000 anos se pratica a arte da mineração.

Referências bibliográficas

- Alves, H. 2000. O Património Arqueológico Mineiro de Aljustrel. *Vípasca* (9), pp. 9-22.
- Alvarenga, P. 1997. *Estudo da transferência de metais no sistema solo-planta na zona mineira de Aljustrel aplicados à esteva (Cistus ladanifer L.)*. T. Mestrado, Un. Évora, 164 pp.
- Alves, P., Joubert, M. e Leca, X. 1985. *Notice explicative du levé géologique au 1/25000*. Rel. Téc. Consórcio Grândola (SPE/SEREM/EDMA), Arq. IGM, 29 pp.
- Andrade, F. e Schermerhorn, L. 1971. Aljustrel e Gavião. *Principais Jazigos Minerais do Sul de Portugal*, Livro-Guia nº4, pp. 32-59.
- Barriga, F.J.A.S., Carvalho, D. e Ribeiro, A. 1997. Introduction to the Iberian Pyrite Belt. *SEG Neves Field Conference*. Guidebook Series, Vol. 27. pp. 1-20.
- Batista, M., Brito, G., Abreu, M., Sousa, J., Quental, L. e Vairinho, M. 2003. Avaliação por modelação em SIG da contaminação mineira por drenagem ácida: S. Domingos, Faixa Piritosa, Alentejo. *Ciências da Terra* (UNL), V, pp. M6-M10.
- Canteiro, M. 1995. *Mina de S. Domingos: um caso de estudo de contaminação histórica*. Tese Mestrado Dep. Zoologia Fac. Ciências e Tecnologia de Coimbra, 178 pp.
- Carvalho, D. 1971. Jazigos de Fe-Mn da região Cercal-Odemira. Mina de S. Domingos. *Principais Jazigos Minerais do Sul de Portugal*, Livro-Guia nº4, pp. 59-73.
- Carvalho, D., Barriga, F.J.A.S. e Munhá, J. 1999. Bimodal-siliciclastic systems - the case of the Iberian Pyrite Belt. *Reviews in Economic Geology*, v. 8, pp. 375-408.
- Castelo Branco. 1994. *Área de Prospecção e pesquisa de Grândola-Alcácer*. SMRA (Rio Tinto), Rel. Int. 1º Sem., Arq. INETI, 50 pp.
- Custódio, J. 1996. Sistemas de Lavra na Mina S. Domingos (1854-1966). *Mineração Baixo Alentejo, C. Verde*: 174-185.
- EXMIN 2003. *Estudo Director de Sulfuretos Polimetálicos Maciços*. Relatório Técnico 11 Vol., Lisboa.
- Felix, J. 2000. *Estudo de controlo ambiental na Área Mineira Abandonada de S. Domingos*. Rel. Técnico COBA. Arq. INETI.
- Fonseca, E. e Silva, E. 2000. *Projecto Estudo de Controlo Ambiental nas Áreas Mineiras Abandonadas de Lousal e Caveira*. Rel. Téc. Final Univ. Aveiro. Arq. IGM.
- Gama, H. 2005. Questões ambientais na indústria mineira moderna. *Abst. III Encontro de Comunidades Mineiras de Aljustrel*, CM Aljustrel.
- Henriques, F. e Fernandes, J. 1991. Metal uptake and distribution in rush (*Juncus conglomeratus*) plants growing in pyrites mine tailings at Lousal, Portugal. *The Science of the Total Environments*, 102, pp. 253-260. Elsevier Sc. Ed., Amsterdam.
- Leitão, J. 1998. Geologia dos depósitos de sulfuretos maciços de Aljustrel. Livro-Guia das excursões do V Congresso Nacional de Geologia, IGM, pp. 91-100.
- Leistel, J.M., Marcoux, E., Thiéblemont, D., Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, G.R., Pascual, E. e Sáez, R. 1998. The volcanic-hosted massive sulphide deposits of Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 33, pp. 2-30.
- Malavé, J. e Bedia, J. 1991. *Relatório Final de Trabalhos Realizados na Área de S. Domingos (1990-91)*. CONASA, Arq. Técnico INETI, 110 pp.
- Martins, J. 2005. Recuperação ambiental da área mineira de Aljustrel. *Abst. III Encontro Comunidades Mineiras de Aljustrel*, CM Aljustrel.
- Mateus A., Laranja, M. e Lorga, S. (Coords.) 2005. *Plano Regional de Inovação do Alentejo*. CCDR Alentejo, Augusto Mateus & Associados, 190 pp.
- Matos, J.X. 2005. Percursos Geo-educacionais na Faixa Piritosa Ibérica, um contributo para a valorização do património geológico e mineiro português. *Abst. III Enc. Com. Mineiras de Aljustrel*, CM Aljustrel.
- Matos, J.X. 2005. *Carta geológica e mineira da Mina de Caveira esc. 1/5000*, INETI.
- Matos, J.X. 2005. *Carta geológica e mineira da Mina de Lousal esc. 1/5000*, INETI.
- Matos, J.X. 2005. *Carta geológica e mineira da Mina de Aljustrel esc. 1/5000*, INETI.
- Matos, J.X. 2004. *Carta geológica e mineira da Mina de S. Domingos esc. 1/5000*, IGM.
- Matos, J.X. e Martins, L. 2005. Treaths and opportunities in the Portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt. *Abst. ENMR Workshop*, CCDR Alentejo, Évora.
- Matos, J.X., Ribeiro, S. e Moreira, N. 2005. Percursos Geoambientais como elementos de Valorização Cultural e Científica das Área Mineiras da Faixa Piritosa Ibérica. *Abst. III Simp. Mineração e Metalurgia Históricas SW Europeu*, Un. Porto.
- Matos, J.X. e Rodrigues, S. 2005. A Arquitectura de Paisagem Land Art como Proposta Inovadora de Enriquecimento Cultural de Áreas Mineiras em Portugal. *Abst. III Simp. Mineração e Metalurgia Históricas SW Europeu*, Un. Porto.

- Matos, J.X. e Martins, L. 2004. Sustentabilidade da mineração de minérios metálicos na Faixa Piritosa Ibérica. Abst. *Seminário Iberoamericano La Minería Dentro Del Ordenamiento Territorial, Santo Domingo*, Rep. Dominicana, CYTED, Dir. General de Minería, 9 pp.
- Matos, J.X., Oliveira, J.T., Pereira, Z. e Quental, L. 2004. *Mina de S. Domingos 150 anos de História - Textos sala 2: Geologia*, IGM, Cam. Municipal de Mértola.
- Matos, J.X. e Martins, L. 2003. Itinerários geo-eco-educacionais como factor de desenvolvimento sustentado do turismo temático associado à Faixa Piritosa Ibérica. Abst. *IV Cong. Int. Património Geológico y Minero*, SEDPGYM, Utrillas, Espanha, pp. 539-557.
- Matos, J.X. e Oliveira, V. 2003. *Mina do Lousal (Faixa Piritosa Ibérica) - Percurso geológico e mineiro pelas cortas e galerias da antiga mina*. IGME, Pub. Museu Geominero, nº2, pp. 117-128.
- Matos, J.X., Martins, L. e Rosa, C. 2003a. *Parque Mineiro da Cova dos Mouros - IGM contribute for the sustainable development of the mining park*. IGME, M. Geom., nº2, pp. 487-494.
- Matos, J.X., Petersen, E.U. e Chávez, W.X. 2003b. Environmental Geochemistry Field Course – Iberian Pyrite Belt, Society of Economic Geologists Guidebook, 32 pp.
- Matos, J.X., Barriga, F.J.A.S. e Oliveira, V. 2003c. Alunite veins versus supergene kaolinite/halloysite alteration in the Lagoa Salgada, Algares and S. João (Aljustrel) and S. Domingos massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Portugal *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, V, pp. B56-B59.
- Matos, J.X., Oliveira, J.M.S., Farinha, J.B., Ávila, P., Rosa, C., Leite, M.R.M., Daniel, F. e Martins, L. 2002. Património mineiro português: estado actual da herança cultural de um país mineiro. *Actas Cong. Int. Sobre Património Geológico e Mineiro*, IGM/SEDPGYM, Beja, pp. 539-554.
- Matos, J.X., Oliveira, V., Alves, H. e Carvalho, R. 2002. Património geológico-mineiro e histórico da Mina de S. Domingos, Faixa Piritosa. *Cong. Património Geológico-Mineiro*, IGM/SEDPGYM, Beja, pp. 517-535.
- Matos, J.X. e Rosa, C. 2001. *Diagnóstico Preliminar de Minas Abandonadas/Área Sul*. Rel. Int. IGM, 276 pp.
- Matzke, K. 1971. Mina do Lousal. Principais Jazigos Minerais do Sul de Portugal, Livro-Guia nº4, *I Cong. Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica e Aplicada*, pp. 25-32.
- Munhá, J. 1990. Metamorphic evolution of the South Portuguese/Pulo do Lobo Zone In R. Dallmeyer and E. Martinez Garcia Eds.: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, 363-368. Springer-Verlag.
- Nero, G. 2005. A problemática da recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas a nível nacional. Abst. *III Encontro Comunidades Mineiras de Aljustrel*, CM Aljustrel.
- Oficina de Arquitectura 2004. *Projecto Descida à Mina*, Centro Ciencia Interactiva do Lousal, 93 pp.
- Oliveira, J.S., Farinha, J., Matos, J.X., Ávila, P., Rosa, C., Machado, M., Daniel, F., Martins, L. e Leite, M. 2002. Diagnóstico Ambiental Principais Áreas Mineiras Degradadas País. *Bol. Minas IGM* 39-2, pp. 67-85.
- Oliveira, J.S. 1997. Algumas reflexões com enfoque na problemática dos riscos ambientais associados à actividade mineira. *Est. Not. Trab. IGM*, t. 39, pp. 3-26.
- Oliveira, J.T. e Matos, J.X. 2004a. Geologia das regiões de Alcoutim e de Martinlongo-Vaqueiros. *V Encontro de Professores de Geociências do Algarve*, Vila Real de Sto. António, 15 pp.
- Oliveira, J.T. e Matos, J.X. 2004b. O caminho de ferro da Mina de S. Domingos ao Pomarão: um percurso geo-educacional na Faixa Piritosa Ibérica. *XXIV Enc. Prof. Geociências APG*, Beja, 19 pp.
- Oliveira, J.T. e Oliveira, V. 1996. *Síntese da Geologia da Faixa Piritosa, em Portugal, e das Principais Mineralizações Associadas. Mineração no Baixo Alentejo*, CM Castro Verde: 8-27.
- Oliveira, J.T. 1983. The Marine Carboniferous of South Portugal: A stratigraphic and sedimentological approach. *Memórias SGP*, T. 29, pp. 3-37.
- Oliveira, M.L.F. e Matos, J.X. 2002. The exploitation of copper ores and the settlements of Estremadura and south of Portugal during the calcolithic. *Ciências Históricas*, Univ. Portucalense, Porto, pp. 123-138.
- Oliveira, V.M.J., Matos, J.X. e Rosa, C. 2001. The NNW sector of the Iberian Pyrite Belt - new exploration perspectives for the next decade. *Geode Workshop - Massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt: new advances and comparison with equivalent systems*, Aracena Spain, pp. 34-37.
- Oliveira, V., Matos, J.X., Bengala, M. e Sousa, P. 1998. Principais alinhamentos vulcânicos a norte da Falha de Grândola, sob formações da Bacia Terciária do Sado e sua potencialidade mineira no contexto da Faixa Piritosa Ibérica. *Actas V Cong. Nac. Geologia*, Com. IGM T. 84 F. 2, pp. F15-18.
- Pacheco, N. 2005. Neves Corvo um património geológico e mineiro a preservar. Abst. *ENMR Workshop*, INETI, CCDR Alentejo.
- Pereira, E., Moura, I., Costa, J., Mahony, J. e Thomann, R. 1995. The S. Domingos Mine: A Study of Heavy Metal Contamination in the Water Column and Sediments of the Chança River Basin by Discharge from Ancient Cupriferous Pyrite Mine (Portugal). *Mar. Freshwater Res.* t46. pp. 145-151.
- Queiroz, N., Pereira, F., Bengala, J., Moreira, J., Freire, J., Viegas, L., Viana, M., Gaspar, O., Pereira, V. e Borralho, V. 1989. *Est. Not. Trabalhos SFM*, T. 50º Aniversário, Porto.
- Quental, L., Vairinho, M. e Martins, L. 2005. Projects for environmental assesment and monitorization of mining areas via remote sensing. Abst. *III Enc. Com. Mineiras de Aljustrel*.
- Quental, L., Brito, G., Sousa, J., Abreu, M., Batista, M., Oliveira, V., Vairinho, M. e Tavares, T. 2003. Utilização de imagens hiperespectrais na avaliação da contaminação mineira em S. Domingos, Faixa Piritosa, Alentejo. *Ciências da Terra* (UNL), nº esp. V, CD-ROM, pp. M33-M36.

- Rego, M. 2004. *Mina de S. Domingos 150 anos de História. Fotogramas da memória*. CM Mértola, 85 pp.
- Relvas, J.M.R.S., Povoas, L., Costa, T., Matos, J., Varela, T., Lopes, C. e Barriga, F.J.A.S. 2005. Project "Underground Visit to the Lousal Mine": a contribution to Geoconservation and Sustainable Development. Abst. *IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage*, Univ. Minho, Braga.
- Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Pinto, A., Ferreira, A., Pacheco, N., Noiva, P., Barriga, G., Baptista, R., Carvalho, D., Oliveira, V., Munhá, J. e Hutchinson, R. 2002. The Neves-Corvo Deposit, IPB, Portugal: 25 Years after the Discovery. *SEG Special Pub.* 9, pp. 155-176.
- Schermerhorn L., Zbyzewski, G. e Ferreira, V. 1987. *Not. Exp. Carta Geológica Portugal Fl. 42D*, SGP, 55 pp.
- Silva, E.F., Matos, J.X., Patinha, C., Reis, P. e Fonseca, E.C. 2005. *The effect of unconfined mine tailings on the geochemistry of soils, sediments and surface waters of the Lousal area (Iberian Pyrite Belt, Southern Portugal). Land Degradation and Development*, Wiley Europe.
- Silva, F. 1968. As Minas do Lousal. *Bol. Minas*, Dir. Geral de Minas e SGP, 5 (3), pp. 161-181.
- Silva, J.B. 1998. Enquadramento geodinâmico da Faixa Piritosa na Zona Sul Portuguesa. *Livro-Guia das excursões do V Congresso Nacional de Geologia*, IGM, pp. 79-90.
- Silva, J.B., Oliveira, V., Matos, J. e Leitão, J.C. 1997. Field Trip nº2, Aljustrel and Central Iberian Pyrite Belt. *SEG Neves Corvo Field Conference*. Guidebook series, Vol. 27. 73-124.
- Silva, J.B., Oliveira, J.T. e Ribeiro, A. 1990. Structural outline In "R. Dallmayer and E. Martinez Garcia eds: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, 348:362. Springer Verlag".
- Strauss, G. (1970). Sobre la geología de la provincia piritífera del SW de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal). *Mem. ITGE T. 77*, pp. 266.
- Tinoco, A., Matos, A., Santos, L., Póvoas, L., Relvas, J., Lopes, C., Barriga, F. e Damas, C. 1998. Museu mineiro do Lousal. *Actas Sem. Museologia e Arqueologia Mineiras*, IGM, pp. 12-21.
- Webb, J. (1958). Observations on the geology and origin of the San Domingos pyrite deposit. Portugal. *Com. SGP*, t. 42, pp. 119-143.

Recibido: mayo 2005
Aceptado: marzo 2006