

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312549704>

A antiga mina de volfrâmio das Azeleiras (Mosteiro de Tibães, NW Portugal): Estudos interdisciplinares para a valorização do património geomineiro. Boletim de Minas, DGEG

Article · January 2012

CITATIONS

4

READS

1,058

11 authors, including:



Maria José Afonso

Polytechnic Institute of Porto

52 PUBLICATIONS 496 CITATIONS

SEE PROFILE



Maria Eugénia Oliveira Lopes

Instituto Superior de Engenharia do Porto

4 PUBLICATIONS 29 CITATIONS

SEE PROFILE



Jose Teixeira

University of Porto

39 PUBLICATIONS 245 CITATIONS

SEE PROFILE



Rogério Fernando Pinheiro

Polytechnic Institute of Porto

3 PUBLICATIONS 26 CITATIONS

SEE PROFILE

A Antiga Mina de Volfrâmio das Azeleiras (Mosteiro de Tibães, NW Portugal): Estudos Interdisciplinares para a Valorização do Património Geomineiro

José Filinto C. Trigo, Helder I. Chaminé, Maria José Afonso, Henrique Almeida, Maria Eugénia Lopes, José Teixeira, Ricardo Pereira, Rogério Pinheiro e João Paulo Meixedo

Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Politécnico do Porto; Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada;

E-mail: jct@isep.ipp.pt

Alberto Gomes

Universidade do Porto, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e CEGOT

José F.A. Teixeira

Universidade do Porto, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos (CIBIO)

Maria João Dias Costa

Mosteiro de S. Martinho de Tibães, Direção Regional de Cultura do Norte

Palavras-chave: Mosteiro de Tibães, Património geológico-mineiro, Recursos geológicos, Sítios mineiros abandonados.

RESUMO

À semelhança do que aconteceu um pouco por todo o Noroeste Peninsular, também Mire de Tibães acolheu uma efémera porém marcante experiência de exploração mineira, quando, nos alvares das duas grandes guerras mundiais, um punhado de Nortenhos se deu conta de que a fertilidade dos solos do vale do Cávado não era a única riqueza que poderia ser extraída do seu substrato. Neste caso trataram-se de explorações de pequena dimensão, algumas delas mesmo furtivas ou ocasionais, que se ocupavam da pesquisa do minério “negro”. A mina das Azeleiras, escavada no dealbar do século XVII para o fornecimento de água ao Mosteiro de S. Martinho de Tibães, foi objeto de intensa exploração de volfrâmio em meados do século passado. A intenção de incluir a visita a esta mina no conjunto de ofertas temáticas disponibilizadas pelo Mosteiro de Tibães, orientou a avaliação da sua estabilidade e da necessidade de eventual reforço. É descrita, de forma sucinta, a abordagem interdisciplinar integrativa em geociências, geotecnia mineira, biodiversidade e património geológico-mineiro, bem como a solução de reabilitação projetada.

INTRODUÇÃO

O Mosteiro de S. Martinho de Tibães situa-se na região Norte de Portugal, próximo da cidade de Braga. Fundado em finais do século XI, este Mosteiro conheceu épocas em que assumiu uma grande importância no contexto nacional, tendo chegado a ser a Casa-Mãe da Congregação Beneditina Portuguesa (e.g., Oliveira, 1974; Mata *et al.*, 2000; Mata, 2002; Capela, 2003; Mata & Oliveira, 2004; Oliveira, 2005; Fontes, 2005; Coelho Dias, 2010). A esse apogeu seguiu-se um período de decadência que culminou com a sua compra pelo Estado Português, encontrando-se, atualmente, afeto à Direção Regional de Cultura do Norte do Ministério da Cultura e classificado como Imóvel de Interesse Público desde 1944 (Mata & Oliveira, 2004).

Uma das razões decisivas para a escolha do local de implantação dos mosteiros era a existência de água, elemento também presente, de forma abundante, no Mosteiro de Tibães e área envolvente. O Mosteiro era abastecido por uma série de minas de água, cuja idade secular se encontra registada em várias referências nos arquivos do Mosteiro de Tibães (Mata & Dias Costa, 1998a,b; Dias Costa, 2002; Fontes, 2005; Coelho Dias, 2010; Martins *et al.*, 2012). Apresenta ainda nascentes singulares, tal como a fonte de S. Bento (também conhecida por fonte de S. Bentinho), (Almeida & Almeida, 1988; TERMARED, 2011; Lopes, 2012). A generalidade destas minas é constituída por galerias de pequenas dimensões. A mina das Aveleiras constitui uma exceção, com as galerias principais de maior dimensão, uma vez que nesta foi explorado o volfrâmio, durante a Segunda Guerra Mundial (Lopes *et al.*, 2008; Meixedo *et al.*, 2011; Lopes, 2012).

No âmbito das atividades de extensão cultural e científica que atualmente oferece, é objetivo do Mosteiro de Tibães viabilizar, futuramente, a visita à mina das Aveleiras, criando um novo motivo de interesse. Para a concretização desta intenção, tornou-se imperativo averiguar a estabilidade da mina e a necessidade de a reforçar, tendo-se selecionado um tramo principal (e galerias transversais envolventes) com cerca de 80 m de extensão (LABCARGA, 2007-2008).

A antiguidade da mina, o abandono da sua exploração e o seu isolamento nas últimas décadas, aliados a um

conjunto de condições ambientais favoráveis, levou a que a mina constitua, hoje em dia, um importante *habitat*. A perceção da existência destas características ambientais particulares, bem como de todos os aspetos patrimoniais, históricos e geológicos condicionou a solução de reabilitação projetada. A concretização da reabilitação parcial da mina poderá permitir que esta venha a constituir um geossítio, face ao seu particular valor pedagógico e turístico e, a longo-prazo, poderá estabelecer-se como um espaço geomuseológico, numa perspetiva de um novo ciclo de sustentabilidade (Meixedo *et al.*, 2011; Lopes, 2012).

O presente trabalho retoma, expande e aprofunda, no essencial, as ideias dadas à estampa no breve apontamento de Trigo *et al.* (*submet.*). Este tem como objetivo apresentar, numa perspetiva interdisciplinar e integrativa, a importância da valorização e da preservação do património geológico-mineiro que tem por base estudos técnico-científicos desenvolvidos por LABCARGA (2007-2008) ligados, entre outros, às geociências, à geotecnia mineira e à modelação geomecânica, não descurando ainda todos os aspetos da diversidade biológica, geológica e arqueo-histórica patrimonial.

A ANTIGA MINA DE VOLFRÂMIO DAS AVELEIRAS

Enquadramento regional

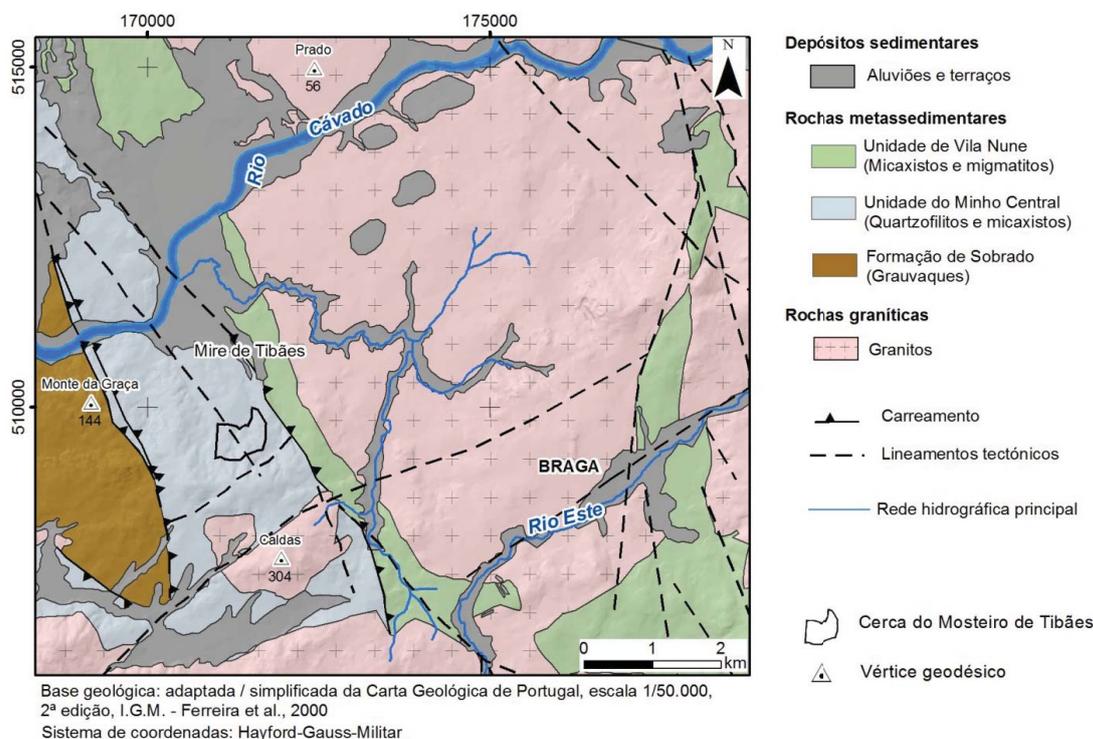
A região de Mire de Tibães enquadra-se, do ponto de vista geológico, numa área constituída por rochas metassedimentares, ladeadas pelos maciços graníticos de Braga, de Gondizalves e de Aveleda. Neste trabalho destacam-se as unidades geológicas que afloram na área em estudo (Teixeira *et al.*, 1973; Leal Gomes *et al.*, 1997; Meireles *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2000): *i*) Depósitos de cobertura; *ii*) Rochas metassedimentares; *iii*) Rochas graníticas; *iv*) Filões e massas: algumas destas massas foram alvo de explorações mineiras, no passado, dadas as suas mineralizações em volfrâmio e estanho.

A característica geomorfológica mais evidente da área em apreço consiste no contraste entre o fundo plano dos vales e as vertentes íngremes das elevações que os

ladeiam o que, de resto, constitui uma fisionomia comum na região Minhota (Figura 1).

FIGURA 1

Enquadramento geológico regional de Mire de Tibães



(adaptado e simplificado de Ferreira *et al.*, 2000)

Breve enquadramento histórico

O imaginário subterrâneo na região do Mosteiro de Tibães esteve sempre presente. Relembre-se o episódio “A fuga”, eternizado na obra “A bruxa do Monte-Cordova” de Camilo Castelo Branco (1867), em que, em certo trecho, pode ler-se: “(...) Um donato, que feitorisava a cerca de Tibães, alvitrou o acerto de se abrir um alçapão no lagêdo do segundo cárcere principiado, e procurar-se um aqueducto que em eras remotas levava agua ao primitivo mosteiro simado n’uma baixa do monte de S. Gens (...). O encanamento delongava-se por extensão de quatrocentos passos, e rematava n’um pedregal imaranhado de silvedos e estevas, por onde o ar filtrava escassamente ao subterrâneo.”. Já para não falar do romance “Volfrâmio” de Aquilino Ribeiro (1943) que retratou de forma sublime o ambiente da exploração do minério negro pelas gentes galaico-nortenhas: “(...) Andando, andando, chegou a um dédalo de caminhos, por um

dos quais rolavam vagonetas, por outros ia e vinha o pessoal particular dos engenheiros e agentes técnicos, com as vivendas muito senhoris e claras à retaguarda de pequenas platibandas enfeitadas de pelargónios e eloendros. E, passos adiante, ao salvar a corcova do terreno, descobriu-se o formigueiro humano a seus olhos admirados, repartido em turmas consoante a natureza das tarefas, desprendendo uma barulheira a que era como abóbada o zunzum infernal dos volantes que se não viam. Até bem longe, quinhentos a mil metros, se via gente, mulheres que lavavam a terra mineralizada ao ar livre e debaixo de telheiros, braços arremangados, pés descalços, saia colhida entre os joelhos para a água não esperrinchar pelas pernas acima. Rapazotes, com boinas de homem, sem cor à força de usadas, a carne tenra a espreitar das camisas cheias de surro e em frangalhos, vinham baldear no monte o carrinho atestado de calhaus em que coruscavam com o sol as pirites e palhetas de volframina. Mais ao largo, grande caterva de homens abria uma trincheira, e outra, para o morro, levava um banco de pedra e saibro à ponta-de ferro e picareta.

Aqui e além trabalhadores brocavam a rocha, enquanto a outros incumbia carregar os tiros de pólvora bombardeira. Crispados às varas dos sarilhos, muitos extraíam o resulho dos poços ou enxugavam-lhes a água para o trabalho prosseguir eficazmente. Era subterrânea, por vezes a dezenas de metros de profundidade, que se exercia a atividade capital da mina, com revólveres de ar comprimido a demolir o quartzo, piquetes de entivadores especializados a escorar as galerias, bombas elétricas e manuais a sorver a água dos regueirões, escombros, mineiros de guilho e marreta, homens e mais homens à carga e à descarga - pessoal complexo, testo e sabido na manobra. À superfície era como um arraial. Por cima dos gritos, comandos, falas desencontradas, do retinir das ferramentas e estrelçoçar das vagonas e raposas, o dínamo pulsava e a sua pancada mate, e ensurdecadora criava este tónus especial, sernibárbaro e feroz, da indústria moderna, homem e máquina conjugados (...). Por certo, foi este o ambiente vivenciado nos montes de Tibães.

No dealbar do século XX, o substrato rochoso do monte de S. Gens (atualmente, S. Filipe), em Mire de Tibães, é calcorreado por aventureiros e pesquisadores de volfrâmio e, em especial, nos finais dos anos 30, motivado pelas cotações excepcionais deste minério no período da Segunda Grande Guerra Mundial (e.g., Nogueira, 1941; Farinas de Almeida, 1946; Martinez de Lima, 1953; Simões Cortez, 1965). É uma de muitas explorações mineiras de volfrâmio da região Norte de Portugal com todas as implicações sócio-económicas a nível nacional (e.g., Nogueira, 1941; Farinas de Almeida, 1946; Freire, 2001; Nunes, 2001/2002; Lage, 2002; Vilar, 2008; Avelãs, 2010) e, mesmo, a nível internacional (e.g., Li & Wang, 1943; Nash, 1993; Lassner & Schubert, 2005). Os principais minérios extraídos na região foram o volfrâmio e o estanho, contidos em filões hidrotermais quartzosos e em filões aplito-pegmatíticos, respetivamente, com controlo tectónico (e.g., Cotelo Neiva, 1944; Conde *et al.*, 1971; Teixeira *et al.*, 1973; Ribeiro & Pereira, 1982; Leal Gomes & Gaspar, 1992).

Em 20 de janeiro de 1940 foi efetuado o registo na Câmara Municipal de Braga, tendo sido atribuído à sociedade por cotas “Silva, Barbosa & Marques, Lda.” (com sede no Porto, e publicado no Diário do Governo nº 39, 2ª série, de 17 de fevereiro) a concessão da mina de volfrâmio denominada de “Tibães”, situada na freguesia de Mire de Tibães.

A Direção-Geral de Geologia e Minas atribuiu, em 12 de abril de 1948, a concessão nº 2314 (DGMSG 1962)

à sociedade supracitada para a exploração da mina de volframite denominada “Tibães” (ou “Tibais”; *cf.* Lagoa, 1941; Fonseca, 1943). O orçamento estimado apresentado para a abertura da exploração foi de 65 mil escudos. Todavia, há registos anteriores (4 de setembro de 1939, diário do governo nº 243-II Série, de 18 de outubro de 1939) efetuados, supostamente, pelo Sr. Tenente do Exército Joaquim de Castro e pelo Sr. Francisco da Silva Crespo, de uma mina de volfrâmio e de outros metais denominada “Monte dos Anjos” na freguesia de Tibães, onde existiu uma reclamação endossada pelos anteriores, dirigida ao Diretor-Geral de Minas e Serviços Geológicos, para solicitar o indeferimento do pedido de concessão da empresa “Silva, Barbosa & Marques, Lda” (*cf.* C.º S. de Minas, folha nº 56, processo nº 571, triénio 1943/1945), os quais, em 13 de janeiro de 1944, apresentaram a desistência da reclamação. De salientar que há, pelo menos desde 1916, notícias de trabalhos de pesquisa de volfrâmio em Tibães (Figura 2). Ainda hoje, ao calcorrearmos os trilhos envolventes da cerca do Mosteiro de Tibães, somos surpreendidos em vários sítios por antigos poços, minas e escombros que testemunham uma atividade intensa de pesquisa e de exploração de volfrâmio.

FIGURA 2

Notícias sobre os trabalhos de pesquisa de volfrâmio na região de Mire de Tibães e sobre a exploração de volfrâmio de "Tibães" (ou Azeleiras) dadas à estampa em jornais da época

"Minas de Tibães: Prosseguem com grande actividade os trabalhos de pesquisa nas minas de wolfram ultimamente registadas pelos Srs. Herculano de Matos Braga, inspector de finanças, deste distrito, Manuel Joaquim de Paiva, estimado farmacêutico desta cidade e Luis Augusto Correia da Cunha, abastado capitalista."

Transcrição de texto publicado no Jornal "Comercio do Minho" a 22 de Junho de 1916

Comercio do Porto

Terça-feira, 9 de Setembro de 1941

REPUBLICA PORTUGUESA

MINISTÉRIO DA ECONOMIA
Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos
Praça do Comércio — LISBOA

EDITOS DE CONCESSÃO

Faz-se público nos termos e para os efeitos do artigo 31.º do Decreto-lei n.º 18.713, de 1 de Agosto de 1930, que Silva, Barbosa & Marques, Limitada, sociedade por cotas, requereu a concessão da mina de volfrâmio denominada «Tibães» (registro denominado Lugar do Anjo), situada na freguesia de Mire de Tibães, concelho e distrito de Braga, registada na Câmara Municipal do referido concelho em 20 de Janeiro de 1940, e convidam-se todas as pessoas a quem a citada concessão possa prejudicar, a apresentar as suas reclamações no Ministério da Economia, dentro do prazo de sessenta dias, contados da data da publicação deste édito no «Diário do Governo».

Repartição de Minas, 2 de Setembro de 1941.
O Engenheiro-Chefe da Repartição,
António de Castello Branco

Terça-feira, 9 de Setembro de 1941

Diário do Minho

Director — MADALINA COSTE

Editos de Concessão

Faz-se publico nos termos e para os efeitos do artigo 31.º do Decreto-lei n.º 18.713, de 1 de Agosto de 1930, que Silva, Barbosa & Marques, Limitada, sociedade por cotas, requereu a concessão da mina de volfrâmio denominada «Tibães» (registro denominado Lugar do Anjo), situada na freguesia de Mire de Tibães, concelho e distrito de Braga, registada na Câmara Municipal do referido concelho em 20 de Janeiro de 1940, e convidam-se todas as pessoas a quem a citada concessão possa prejudicar, a apresentar as suas reclamações no Ministério da Economia, dentro do prazo de sessenta dias, contados da data da publicação deste édito no Diário do Governo. Repartição de Minas, 2 de Setembro de 1941. O Engenheiro Chefe da Repartição,
Eng.º António de Castello Branco

DIARIO DA MANHA

11 - IX - 1941

REPUBLICA PORTUGUESA

MINISTÉRIO DA ECONOMIA
Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos
Praça do Comércio—LISBOA

Editos de Concessão

Faz-se publico nos termos e para os efeitos do artigo 31.º do Decreto-lei n.º 18.713, de 1 de Agosto de 1930, que Silva, Barbosa & Marques, Limitada, sociedade por cotas, requereu a concessão da mina de volfrâmio denominada «Tibães» (registro denominado Lugar do Anjo), situada na freguesia de Mire de Tibães, concelho e distrito de Braga, registada na Câmara Municipal do referido concelho em 20 de Janeiro de 1940, e convidam-se todas as pessoas a quem a citada concessão possa prejudicar, a apresentar as suas reclamações no Ministério da Economia, dentro do prazo de sessenta dias, contados da data da publicação deste édito no «Diário do Governo».

Repartição de Minas, 2 de Setembro de 1941.
O Engenheiro Chefe da Repartição
António de Castello Branco

Editos de concessão dados à estampa no "Comércio do Porto" (9/09/1941), no "Diário do Minho" (9/09/1941) e no "Diário da Manhã" (11/09/1941).

i) Sobre as "Minas de Tibães" no "Comercio do Minho" (22/06/1916); ii) dos editos de concessão no "Comércio do Porto" (9/09/1941), no "Diário do Minho" (9/09/1941) e no "Diário da Manhã" (11/09/1941). (In: Lopes, 2012).

A mina laborou desde 1940, mas só após a resolução de algumas reclamações relativas à sua delimitação, foi emitido o alvará de concessão provisória nº 3278, a 27 de abril de 1944, pelo prazo de 3 anos. É emitido o alvará definitivo da concessão a 12 abril de 1948 com o nº 2314, por ser considerada uma mina com valor industrial, com um teor médio de 2,5 kg/m³. No período de 1940-1963, o jazigo de wolframite desta mina, de pequenas

dimensões, sofreu intensa exploração, especialmente no período da última grande guerra mundial. As cotações excepcionais permitiram, assim, um grande volume de trabalhos que conduziu, praticamente, ao esgotamento do jazigo. Porém, esta mina foi envolta em alguma polémica, devido a vários contenciosos judiciais relativos ao seu registo, desde o seu arranque até ao seu fecho. Em fevereiro de 1963 foi executada a penhora do

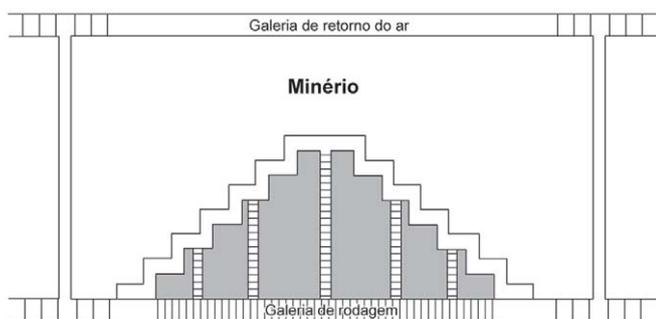
alvará de concessão da exploração, bem como alguns equipamentos, para pagamento do imposto de minas em atraso, correspondente aos anos de 1959, 1960 e 1961. Tal penhora foi cancelada em junho de 1963. Em 8 de outubro do mesmo ano, por despacho ministerial publicado no Diário do Governo nº 255, 3ª série de 30 de outubro de 1963, é anulada a concessão mineira de Tibães nº 2314 e declarada campo livre para novos registos a área nela consignada.

A mina das Aveliras tratava-se de uma exploração com fáceis acessos, beneficiada pela existência de grande quantidade de madeira nas proximidades e com água em quantidade suficiente para o funcionamento da lavaria. Aproveitando a galeria escavada pelos monges beneditinos para a mina de água das Aveliras, abriram-se novas galerias, sendo o desmante efetuado pelo método dos degraus invertidos (Figura 3), permitindo o desmante completo de cada maciço. O enchimento era feito com o estéril, “trabalhando os operários com o minério sobre a cabeça e o escombro nos pés” (Lagoa, 1941).

Devido à consistência do terreno, as galerias de avanço e as travessas tinham, aproximadamente, 1,5 m x 2 m de secção e as chaminés 1,5 m x 1,2 m. As chaminés abertas no maciço de desmante tinham uma secção de 1 m x 1 m, espaçadas de 50 m. As galerias e as chaminés garantiam uma ventilação natural e o esgoto era assegurado por uma vala de secção trapezoidal, sendo a água bombeada do fundo da mina, à medida que os trabalhos mineiros progrediam. Nos locais onde seria necessário recorrer a entivação por “quadros de madeira”, esta era constituída por toros de madeira de pinho com secção de 0,2 m x 0,2 m (Figura 3). Todo o transporte nas galerias de avanço era efetuado por meio de vagonetas, assentes sobre via tipo *Décauville* e empurradas a braço.

FIGURA 3

Esquema representativo do método de desmante em degraus invertidos, aplicado na mina das Aveliras

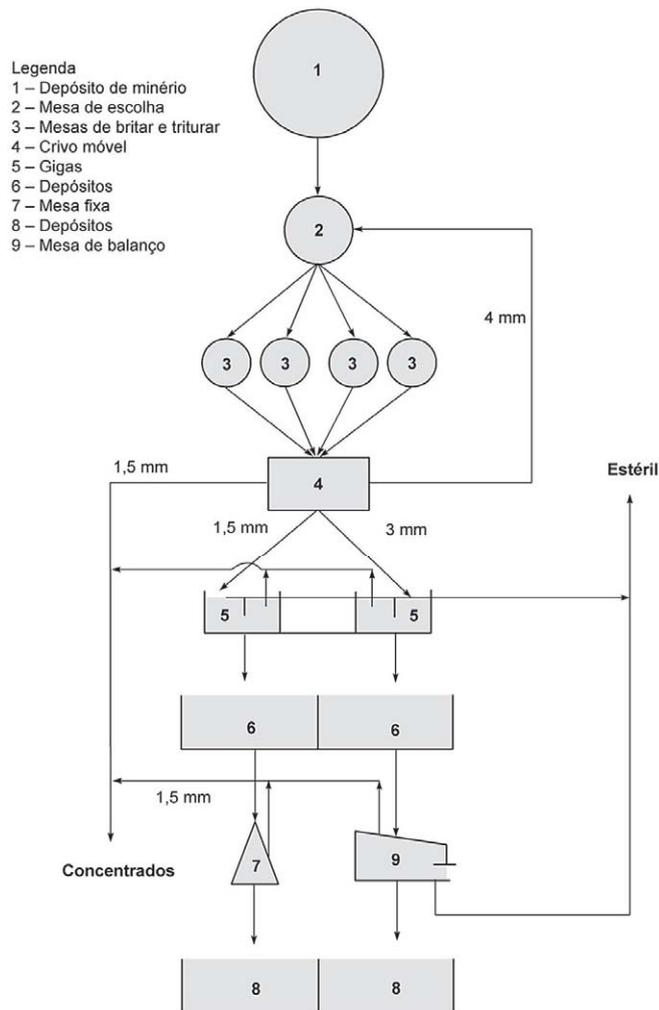


(Adaptado de Lagoa, 1941).

A lavaria, inicialmente exígua e manual, foi instalada no local e posteriormente ampliada, assim que os trabalhos se desenvolveram. A Figura 4 ilustra o diagrama utilizado de tratamento do minério: o “*tout venant*” é lançado no depósito (1) à entrada da lavaria; depois é levado para a mesa (2) onde é escolhido e selecionado, passando o minério e mistos para as mesas de britar e triturar; (3) seguidamente, o minério passa a um crivo móvel (4) munido de 3 chapas perfuradas, obtendo-se quatro classificações: 1ª, material maior que 4 mm, volta a ser triturado; 2ª, material maior que 3 mm, encaminhado para a giga (5) munida com um crivo de 3 mm de malha; 3ª, material entre 1,5 e 3 mm, segue para outra giga (5) com um crivo de 1,5 mm de malha; 4ª, os produtos menores que 1,5 mm e os finos são tratados, respetivamente, numa mesa fixa (7) e de balanço (9).

FIGURA 4

Esquema do diagrama de tratamento do minério utilizado na lavaria de Tibães



(Adaptado de Lagoa, 1941; Fonseca, 1943).

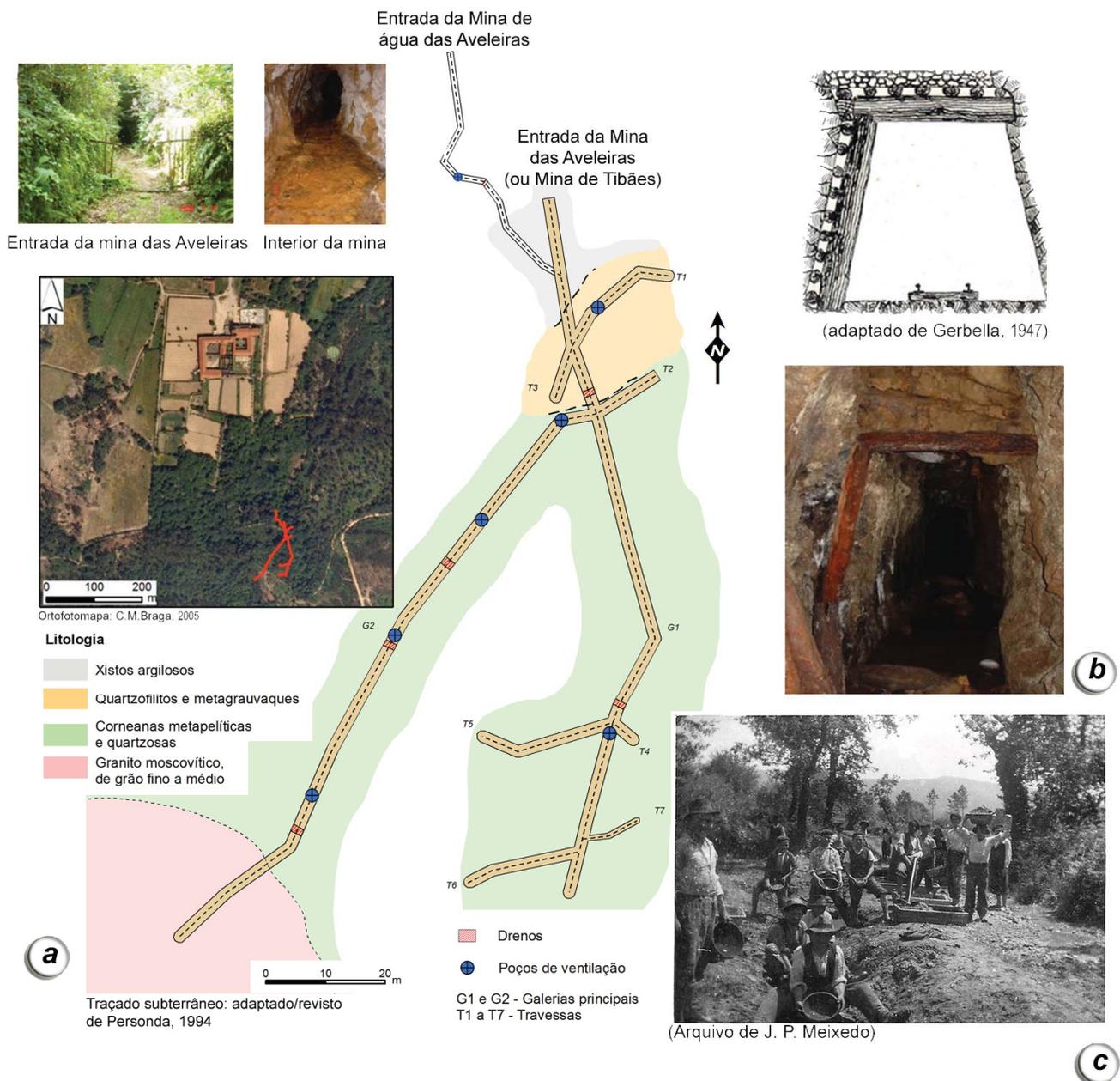
Descrição da Mina das Azeleiras

A mina das Azeleiras localiza-se, grosso modo, em flanco de encosta, a Norte do monte de S. Filipe. O antigo espaço mineiro consiste, genericamente, num jazigo de volfrâmio formado por um cortejo filoniano hidrotermal, donde se destacam estruturas quartzosas e aplitóides, típicas de bandas de cisalhamento dúctil a

dúctil-frágil, com possanças apreciáveis. Estas estruturas hidrotermais enquadram-se no tipo de depósitos primários mineralizados com W-Au-As-Zn (Cotelo Neiva, 1944; Leal Gomes & Gaspar, 1992). A mina das Azeleiras tem uma entrada principal, de dimensões apreciáveis (ca. 1,8 m de largura por 2,4 m de altura), e outra, de menores dimensões (ca. 0,7 m de largura), correspondente à “mina de água das Azeleiras” (Figura 5).

FIGURA 5

Aspetos diversos da antiga mina de volfrâmio das Azeleiras



a) esboço litológico do traçado subterrâneo e fotografias da entrada da mina, do seu interior e da vista aérea da Cerca do Mosteiro de Tibães; b) exemplo de sustimento em madeira original e esquema típico do manual “Arte Mineraria” de Gerbella (1947); c) fotografia ilustrativa de trabalhos de pesquisa e processamento de minério de volfrâmio no Norte de Portugal (Minho), por volta de 1930. (Adaptado de Meixedo *et al.*, 2011 e de Lopes, 2012).

Os trabalhos mineiros realizados na área das Aveliras constaram de algumas sanjas, numerosos poços e chaminés de ventilação, e várias galerias, quer em direção (longitudinais) quer transversais (designadas na linguagem geológico-mineira por “travessas”, T), com algumas centenas de metros de extensão (Lagoa, 1941; Fonseca, 1943; Pousada, 1947). Estes trabalhos permitiram verificar a continuidade da mineralização, tanto em extensão como em profundidade. A galeria principal é muito ampla até aos 80 m de extensão, tendo em média 1,5 m de largura e 1,9 m de altura. Aquando da exploração do volfrâmio, os hasteados e o teto da mina foram suportados por entivações de madeira, atualmente praticamente inexistentes, tendo-se verificado já a derrocada do teto em algumas secções (Figura 6). As

galerias inspeccionadas da mina das Aveliras cortam diversos filões de quartzo (Figura 7) que foram explorados pela mineralização em volframite. A paragénese primária típica é constituída por: arsenopirite, pirite, blenda, volframite e calcopirite (Teixeira *et al.*, 1973; Alves *et al.*, 2010). Foi reportada por Alves *et al.* (2010) a ocorrência do mineral scorodite sobre núcleos de yanomamite (i.e., portadoras do elemento índio, In), com um enriquecimento superficial em Fe, neoformados em cavidades de corrosão de sulfuretos nos detritos mineiros mais grosseiros dos despejos das Minas de Tibães. As estruturas filonianas hidrotermais anteriormente referidas concentram-se, fundamentalmente, ao longo das galerias G1 e G2, ocorrendo ainda ao longo das travessas T1 e T2.

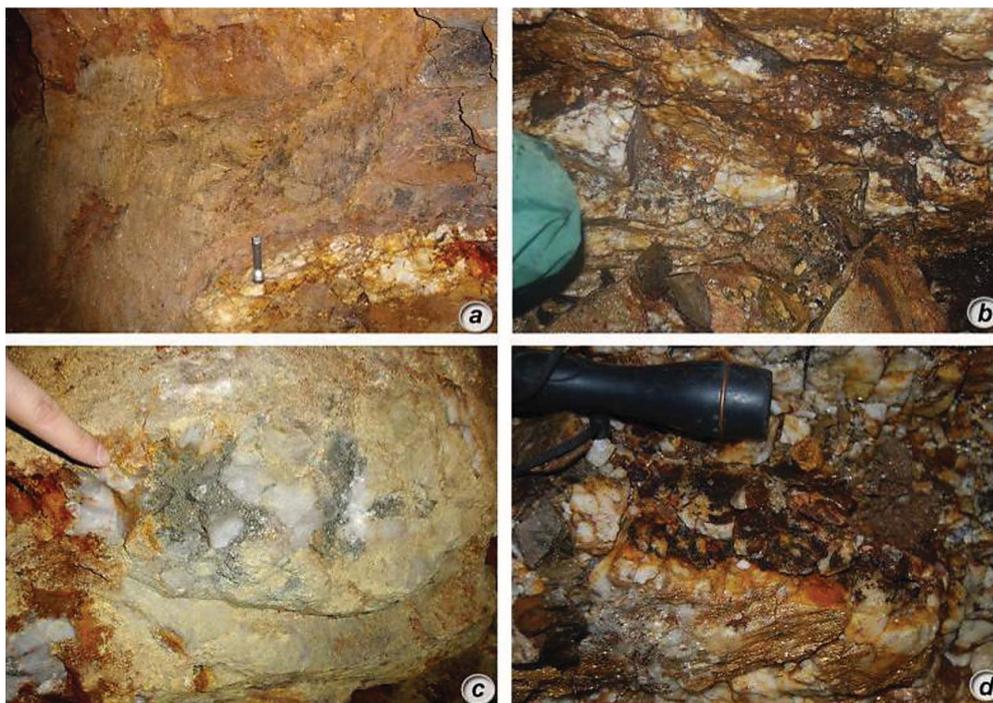
FIGURA 6

Exemplos do estado de degradação das entivações de madeira da mina das Aveliras (a, b) e aspetos de locais de abatimento nas galerias principais da mina das Aveliras (c, d).



FIGURA 7

Aspeto geral (a, b) e de pormenor (c, d) de estruturas filonianas quartzosas, mina das Aveliras



Biodiversidade da Mina das Aveliras

A diversidade faunística representada na área da Cerca do Mosteiro de S. Martinho de Tibães compreende 90 espécies de insetos, 3 peixes, 11 anfíbios, 6 répteis, 51 aves e 17 mamíferos (Gonçalves *et al.*, 2000). Tendo em conta a sua localização numa região densamente povoada, caracterizada por uma agricultura minifundiária intensiva e onde os povoamentos florestais predominantes são constituídos por pinheiro e eucalipto, esta área apresenta uma riqueza específica muito considerável, possuindo um elevado interesse, quer em termos de conservação da natureza, quer para ações de educação ambiental. Na mina das Aveliras destaca-se em particular a presença de espécies de anfíbios e de morcegos de grande sensibilidade ambiental. Dos anfíbios detetados na mina, destacam-se a salamandra-lusitânica (*Chioglossa lusitanica*) e a rã-ibérica (*Rana iberica*), espécies endémicas do Noroeste da Península Ibérica e incluídas no anexo II da Convenção de Berna. A salamandra-lusitânica e a rã-ibérica habitam normalmente junto de pequenos ribeiros de água limpa, minas e canais de água

subterrâneos. A salamandra-lusitânica é uma espécie considerada Vulnerável em Portugal (Cabral *et al.*, 2005) e emblemática da nossa fauna, pois possui uma série de características únicas, como a ausência de pulmões funcionais, capacidade de libertar a cauda quando ameaçada e de capturar as suas presas com a ajuda de uma língua projetável. Além disso, encontram-se ainda nesta mina a salamandra-de-pintas-amarelas (*Salamandra salamandra*) e a rã-de-focinho-pontiagudo (*Dicoglossus galganoi*). A deteção destas espécies de anfíbios na mina e, em particular, de evidências de reprodução de salamandra-lusitânica, implicam cuidados especiais na sua conservação e recuperação (Figura 8). Algumas espécies de morcegos utilizam também esta mina como local de refúgio, hibernação e/ou reprodução, nomeadamente o morcego-de-ferradura-grande (*Rhinolophus ferrumequinum*) e o morcego-de-ferradura-pequeno (*Rhinolophus hipposideros*), ambos considerados Vulneráveis em Portugal (Cabral *et al.*, 2005). A presença destes animais implica a busca de soluções de recuperação da mina compatíveis com a biologia deste grupo.

FIGURA 8

Biodiversidade na Mina das Azeleiras



- a) reprodução de salamandra-lusitânica (*Chioglossa lusitanica*) - (J.F.A. Teixeira)
- b) espécime de salamandra-de-pintas-amarelas (*Salamandra salamandra*) - (M.J. Afonso)
- c) espécime de morcego-de-ferradura-grande (*Rhinolophus ferrumequinum*) - (H.I. Chaminé)
- d) espécime de rã-ibérica (*Rana iberica*) - (J.F.A. Teixeira)

Mina das Azeleiras: Estudos de Geotecnia Mineira

Generalidades

Para a definição da proposta de reabilitação da mina procedeu-se, numa fase inicial, à compilação exaustiva da documentação histórica, patrimonial e técnico-científica existente e à realização de estudos cartográficos (geomorfológicos, geotectónicos e hidrogeológicos) de superfície. Seguidamente, realizou-se um estudo geológico e geotécnico mineiro, bem como investigações geomecânicas *in situ* e laboratoriais (LABCARGA, 2007-2008), que suportaram o posterior dimensionamento de uma estrutura de reforço.

Estudo geológico, geotécnico e geomecânico mineiro

A cartografia geológico-mineira de pormenor, a caracterização geotécnica do maciço rochoso e o estudo geomecânico do traçado subterrâneo permitiram definir o zonamento geotécnico e a aplicação de diferentes classificações geomecânicas de maciços rochosos (*Mining-RMR*, *Q-system*, *SRC*) e índices geológico-geomecânicos (*GSI*, *HP-value*). Deste zonamento resultaram quatro unidades geotécnicas para a galeria principal G1 objeto do presente estudo (Quadro 1), esquematicamente ilustradas na Figura 9. Nos levantamentos cartográficos foi seguida a técnica de amostragem linear (pormenores em Chaminé & Gaspar, 1995) e todas as recomendações da ISRM (1981, 2007).

QUADRO 1
Síntese dos parâmetros do zoneamento geotécnico do maciço rochoso da galeria mineira G1, Mina das Aveleiras

Zona Geotécnica (ZG)	Amostras do material-rocha		Heterogeneidade litológica	Grau de alteração		Grau de fraturação		Grau de resistência		Geological Strength Index (GSI)
				Alteração	Espaçamento	UCS (MPa)	PLT (MPa)	Qualidade do maciço		
ZG1.(G1)			Xistos argilosos	W ₄₋₅	F ₃ a F ₄₋₅ [45-20 cm]	< 18	n.d.	35-40	Fraca a Razóavel	
ZG2.(G1)			Quartzofilitos com alternâncias de xistos argilosos	W ₂ a W ₄	F ₃ a F ₄₋₅ [30-15 cm]	15-35	1-2	45-50	Fraca a Razóavel	
ZG3A.(G1)			Metagrauvaques e corneanas metapelíticas	W ₃	F ₃ [25-50 cm]	15-40	0,5-1	45-50	Fraca a Razóavel	
ZG3B.(G1)			Corneanas quartzosas	W ₂ a W ₃	F ₃ [45-65 cm]	65-120	3-5	50-55	Fraca a Razóavel	
ZG4A.(G1)			Corneanas metapelíticas	W ₂ a W ₃	F ₄ a F ₃ [15-30 cm]	25-55	n.d.	45-50	Fraca a Razóavel	
ZG4B.(G1)			Corneanas quartzosas (com aplitóides quartzo-feldspáticos e filões de quartzo brechificado)	W ₂	F ₄ a F ₃ [15-45 cm]	50-70	n.d.	55-60	Razóavel a Boa	

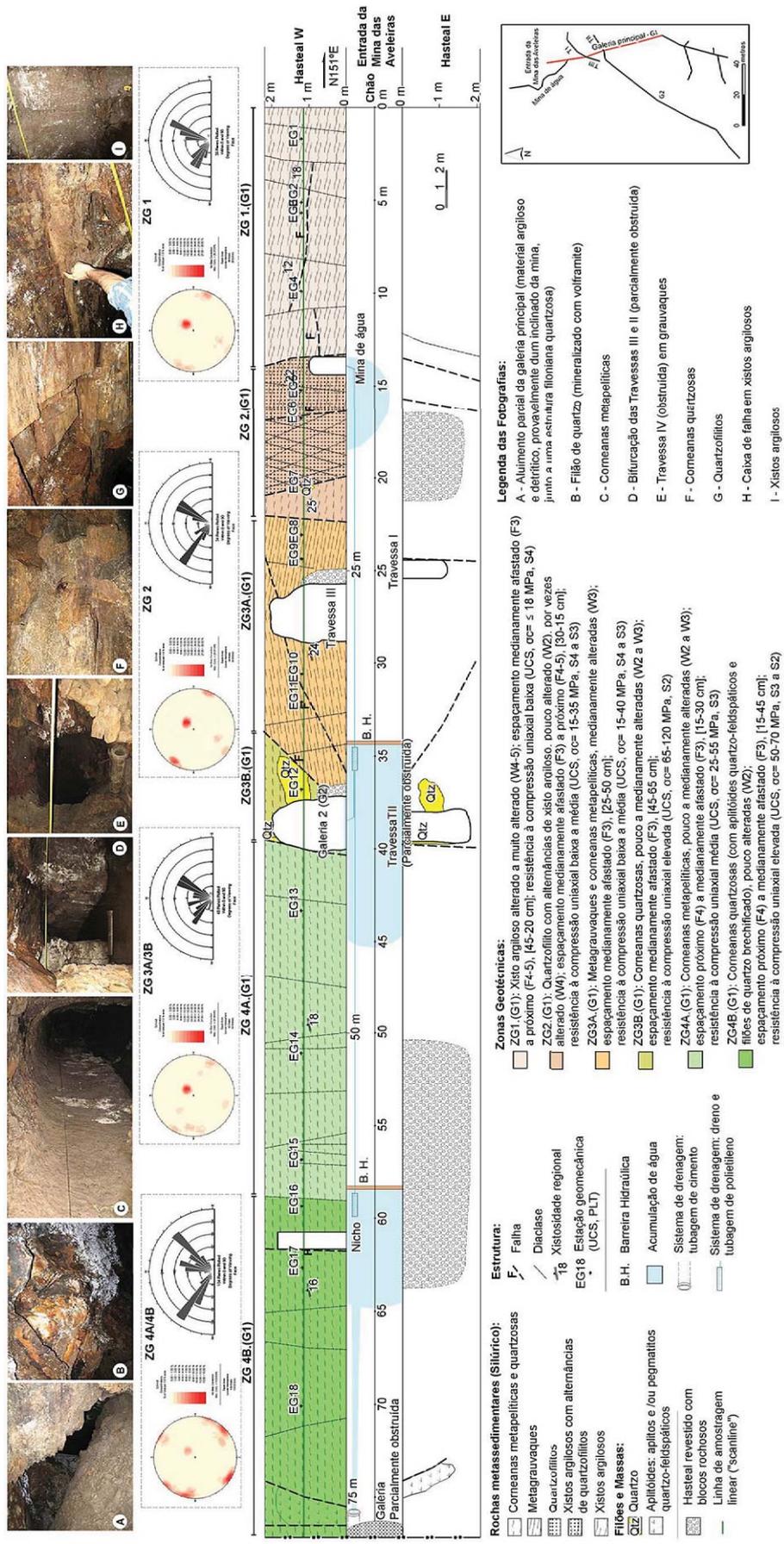
Galeria mineira 1 (G1) - Seção 1

n.d. - não determinado; UCS - Resistência à compressão uniaxial; PLT - Resistência à carga pontual; ZG - Zona Geotécnica (e sub-zonas); parâmetros geotécnicos segundo ISRM (2007); GSI - "Geological Strength Index" para rochas metassedimentares (Marinos & Hoek, 2001)

(Reviso e adaptado de LABCARGA, 2007-2008; Lopes, 2012; Pereira, 2012).

FIGURA 9

Cartografia das zonas geotécnicas mineiras de uma parte da galeria principal G1 (0-80m) da mina das Aveléiras (reviso e adaptado de LABCARGA, 2007-2008; Lopes, 2012; Pereira, 2012; e levantamentos cartográficos geológico-mineiros inéditos de H.I. Chamini e M.J. Afonso, 2006/2012).

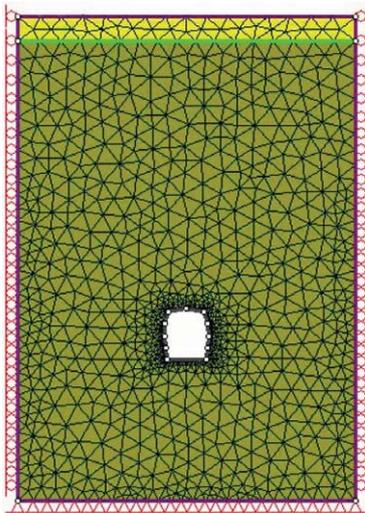


Avaliação da estabilidade da mina e dimensionamento da estrutura de reforço

Para a avaliação da estabilidade global da mina recorreu-se ao programa de cálculo automático *Phase²*, da *Rocscience*, com formulação por elementos finitos. Na Figura 10 apresenta-se a malha de elementos finitos considerada para o estudo da secção tipo da zona geotécnica ZG4B.

FIGURA 10

Malha de elementos finitos considerada na zona geotécnica ZG4B

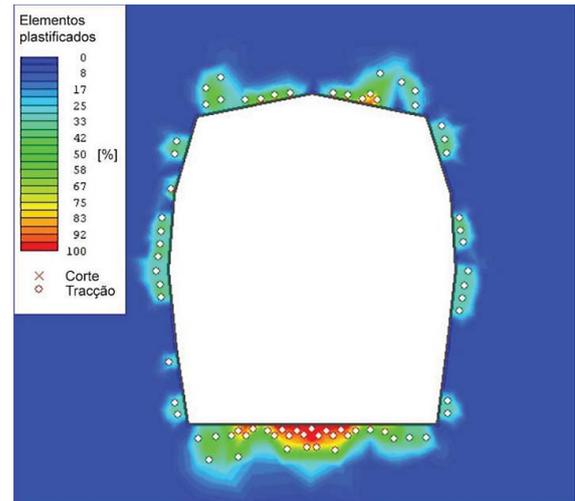


Para além de os pesos próprios dos materiais envolvidos, considerou-se a aplicação de uma sobrecarga à superfície e, não simultaneamente com esta, a atuação da ação sísmica. O comportamento do maciço rochoso, nas quatro zonas geotécnicas identificadas, foi caracterizado com recurso ao modelo de *Hoek-Brown*, com base nos valores definidos do índice GSI, apresentados no Quadro 1. As análises elastoplásticas realizadas, para cada zona geotécnica, admitindo um estado plano de deformação, revelaram um adequado nível de segurança

da mina. Na Figura 11 representam-se os elementos que atingiram a cedência, na secção tipo que caracteriza a zona geotécnica ZG4B, na última fase de cálculo. As zonas em cedência localizam-se, fundamentalmente, na soleira da mina, não evidenciando estas, no entanto, uma expressão relevante.

FIGURA 11

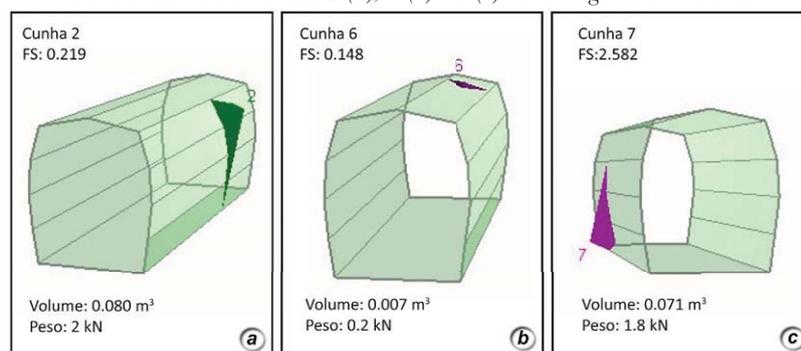
Elementos em cedência na zona geotécnica ZG4B



Em complemento à avaliação da estabilidade global da mina, procedeu-se a um conjunto de análises localizadas nas diferentes cunhas, cuja possibilidade de formação se identificou, tendo-se determinado a respetiva probabilidade de ocorrência. Com o recurso ao programa de cálculo automático *Unwedge*, da *Rocscience*, conjugaram-se as famílias de discontinuidades presentes em cada zona geotécnica e avaliou-se a estabilidade das diferentes cunhas. Neste estudo identificaram-se cunhas potencialmente instáveis, reproduzindo-se na Figura 12 as geometrias e os fatores de segurança associados às cunhas 2, 6 e 7 presentes na zona geotécnica ZG4B.

FIGURA 12

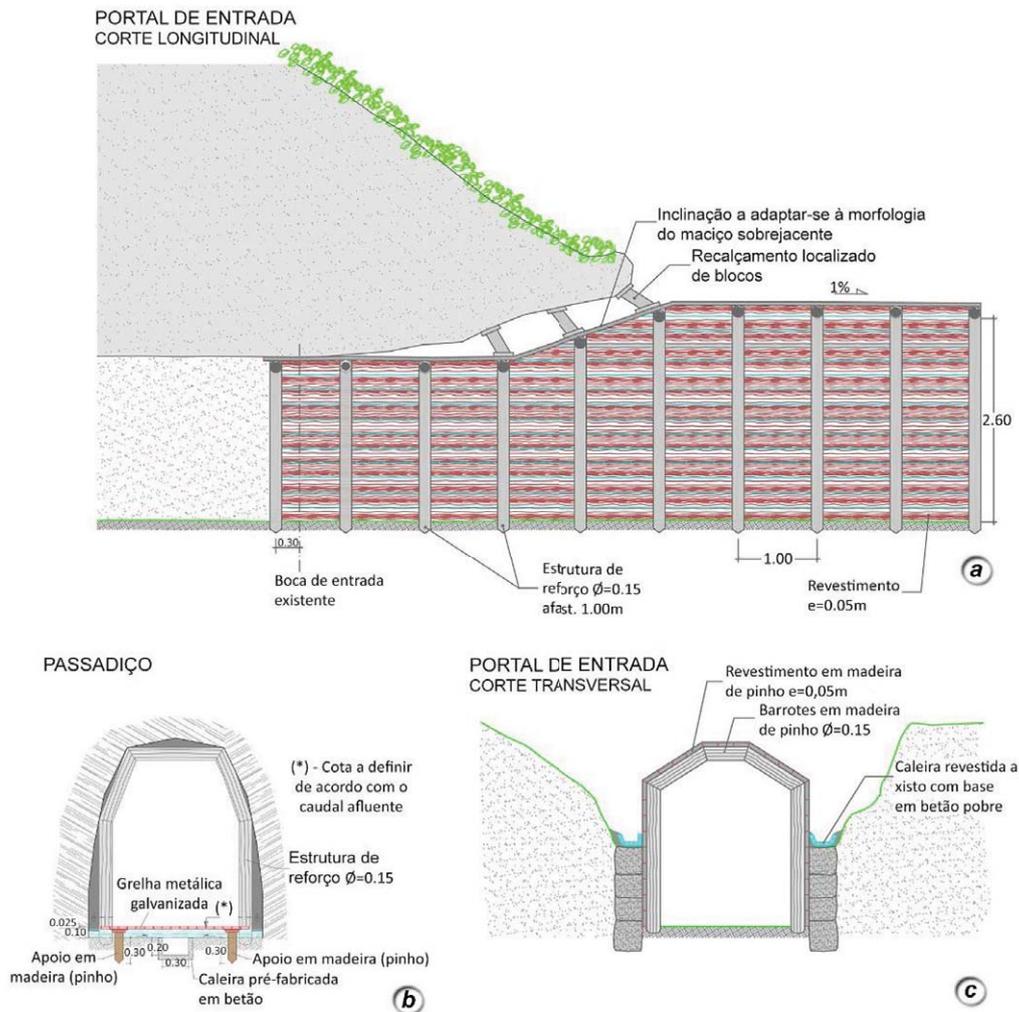
Características das cunhas 2 (a), 6 (b) e 7 (c) da zona geotécnica ZG4B



Para devolver à mina o nível de segurança compatível com a sua futura utilização, projetaram-se reforços cujas características e respectivas localizações foram criteriosamente definidas. O objetivo de reabilitar a mina, de forma a que o público a possa visitar, respeitando os seus valores culturais e ambientais, condicionou a escolha das soluções de estabilização. Entendeu-se que a melhor solução seria a adoção de um conjunto de treliças de toros de pinho (Figura 13), reproduzindo as que terão sido usadas aquando do redimensionamento da mina, durante a exploração de volfrâmio, semelhantes às tradicionalmente aplicadas em cenários idênticos. Procurou-se localizar estes elementos nas posições escolhidas pelos antigos mineiros, projetando-se alinhamentos adicionais de suportes, sempre que se entendeu necessário. O portal de entrada

foi prolongado (Figura 13), garantindo uma proteção adicional numa zona onde o maciço rochoso se encontra mais alterado, materializando uma área de receção e de reunião dos futuros visitantes. A presença de anfíbios levou à criação de condições de fácil acessibilidade a estes animais e à manutenção de água corrente para o desenvolvimento das suas larvas, tendo-se projetado, para o efeito, um passadiço elevado sobre uma lâmina de água que se pretende permanente (Figura 13). Imposições relacionadas com a segurança orientaram a definição de barreiras físicas nos topos dos poços de ventilação e no limite do trecho visitável da mina. Estes elementos serão materializados por gradeamentos de significativa abertura, de modo que não perturbem a passagem de morcegos, cujos locais de repouso se encontram bastante afastados do trecho cuja visita se perspetiva.

FIGURA 13
Solução proposta de reabilitação:

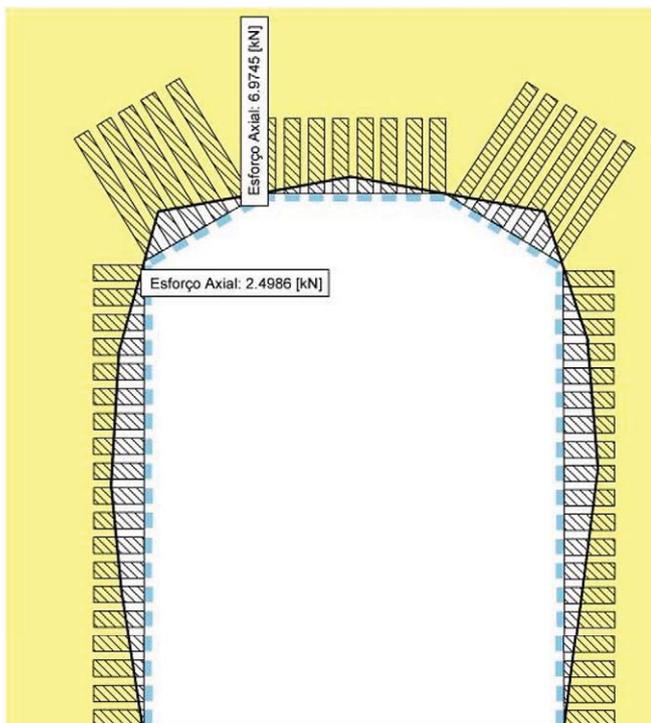


a) portal de entrada: corte longitudinal; b) passadiço; c) portal de entrada: corte transversal (Revisto, simplificado e adaptado de LABCARGA, 2007-2008).

O dimensionamento dos reforços foi realizado para as diferentes zonas geotécnicas, introduzindo as estruturas de madeira nos modelos de elementos finitos adotados nos cálculos inicialmente efetuados com o programa *Phase*². Com estes novos cálculos avaliou-se o incremento de segurança em cada uma das secções tipo e determinaram-se os esforços mobilizados nos reforços correspondentes (Figura 14), permitindo a sua comparação com os esforços resistentes e a garantia de estes não terem sido excedidos.

FIGURA 14

Avaliação dos esforços nos reforços da mina na zona geotécnica ZG4B



Estas conclusões foram confirmadas numa análise mais localizada, recolhendo informação nos resultados dos cálculos realizados com o programa Unwedge, nomeadamente a geometria e os pesos das cunhas instáveis, e solicitando com estes os reforços.

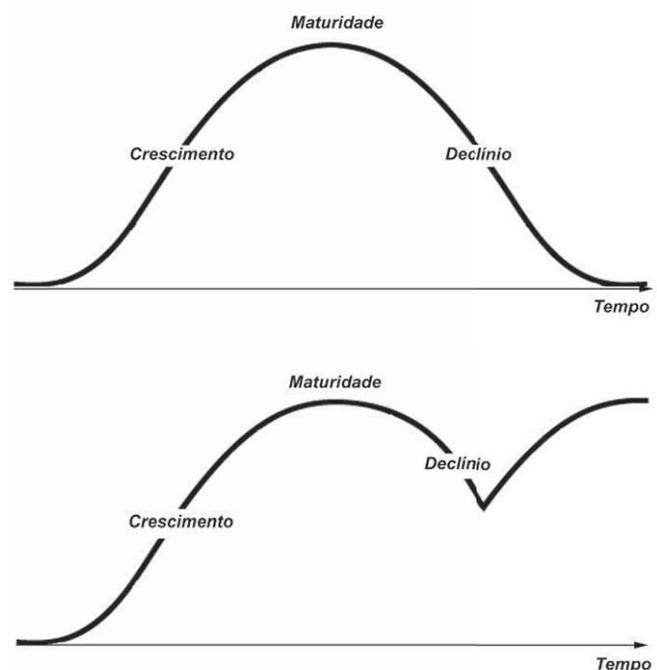
CONCLUSÕES

A definição da proposta de reabilitação e de preservação teve sempre em linha de conta os aspetos patrimoniais, históricos e ambientais que contextualizam a investigação numa perspetiva de um novo ciclo de sustentabilidade

da mina das Aveleiras (Figura 15). O valor económico de um dado projeto de reabilitação só pode ser avaliado se forem considerados todos os custos envolvidos, sendo a sua determinação fundamental para a execução do projeto de geoconservação mineira. A estimativa de custos requer a manipulação de um número elevado de diferentes fatores, que devem ser tratados de uma forma organizada e sistemática (Meixedo *et al.*, 2011; Lopes, 2012), bem como é imperativo para a recuperação ambiental de áreas mineiras degradadas (Costa & Machado Leite, 2000) e na valorização do património geológico, geomineiro e arqueo-mineiro com enfoque para o potencial geoturismo e boas práticas do ordenamento do território (Barbosa *et al.*, 1999; Lima & Leal Gomes, 1999, 2001; Lopes *et al.*, 2008; Lopes, 2012). Não obstante, na sequência destes estudos e face ao nível de conhecimento adquirido e de trabalho, entretanto realizado, foi possível ensaiar uma primeira aproximação com o grande público através de um *hidrogeo-trilho* pela Cerca do Mosteiro de Tibães que enfatiza os aspetos da geoconservação e, em particular, com uma visita à mina das Aveleiras. Esta iniciativa enquadra-se na Geologia no verão do programa Ciência Viva (Chaminé *et al.*, 2008/2012).

FIGURA 15

Comparação entre os principais estádios de sustentabilidade num ciclo de vida normal e num segundo ciclo de vida



(Adaptado de Meixedo *et al.*, 2011; Lopes, 2012).

A solução encontrada para a reabilitação da mina, viabilizando um novo ciclo de vida, é compatível com os valores históricos, culturais e naturais, tendo resultado da articulação de diversos pontos de vista, por vezes dificilmente conciliáveis. Este facto justifica o carácter singular desta experiência de projeto de geoengenharia e a sua importância em termos de multidisciplinaridade e transdisciplinaridade, conjugando temas geológico-mineiros, geomecânicos, de geoconservação de património geomineiro, de biodiversidade e de património histórico. Na atualidade, as investigações interdisciplinares prosseguem na Mina de Tibães com o intuito de uma caracterização geoambiental de todo o espaço subterrâneo, quer em termos de modelação geomecânica, de hidrogeomecânica e de geoconservação mineira, quer relativamente à hidrogeologia, à geomicrobiologia e à microclimatologia.

AGRADECIMENTOS

Este estudo insere-se na colaboração LABCARGA|ISEP / Mosteiro de Tibães (*“Mina das Azeleiras: elaboração do estudo geológico-geotécnico e projeto da estrutura de reforço e de proteção”*) e no projeto HYDROURBAN (*“Hidrogeologia, geomecânica e geoconservação de antigas minas de água”*) apoiado pelo ISEP-IPP|PADInv’2007/2008. HIC, MJA, JT, MEL receberam apoio parcial do Centro GeoBioTec|UA (PEst-C/CTE/UI4035), JME do Centro CIGAR, AG do Centro CEGOT (PEst-OE/SADG/UI4084) e RP do Centro LGMC|ISEP. Gratos pelo apoio no trabalho de campo e amostragens ao Sr. P. Coelho e aos alunos E. Pais Neto, T. Ramos e S. Flor Pereira. São devidos agradecimentos ao colega Engenheiro de Minas Carlos M. Arrais pela partilha da sua experiência mineira na fase de arranque deste estudo, bem como aos colegas Geólogos Dr. A. Moreira e Doutor J. M. Farinha Ramos (LNEG) pela partilha de alguns dados geológico-mineiros de Tibães. Por fim, gratos ao Mosteiro de Tibães da Direção Regional da Cultura do Norte (DRCN) e à Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) por terem disponibilizado todos os elementos patrimoniais, técnicos e geológico-mineiros dos seus arquivos.

REFERÊNCIAS:

- ALMEIDA A. & ALMEIDA J.D., 1988. Inventário hidrológico de Portugal. Volume IV – Minho, Instituto de Hidrologia de Lisboa. 505 p.
- ALVES R., LEAL GOMES C. & VALENTE T., 2010. A associação yanomamite-scorodite e a mineralização supergénica de In em detritos mineiros de zonas de cisalhamento com W-Au-As-Zn, Norte de Portugal. e-Terra, Revista Eletrónica de Ciências da Terra Geosciences On-line Journal. VIII Congresso Nacional de Geologia, 16(1): 1-4. (<http://www.metododirecto.pt/CNG2010/index.php/vol/article/view/421>).
- AVELÃS J.P., 2010. O Estado Novo e o volfrâmio (1933-1947): atividade mineira, “grande depressão” e Segunda Guerra Mundial. Imprensa da Universidade de Coimbra Edição. 575 p.
- BARBOSA B., FERREIRA N. & BARRA A., 1999. Importância da geologia na defesa do património geológico, no geoturismo e no ordenamento do território. Geonovas, 13: 22-33.
- CABRAL M.J., ALMEIDA J., ALMEIDA P.R., DELLINGER T., FERRAND DE ALMEIDA N., OLIVEIRA M.E., PALMEIRIM J.M., QUEIROZ A.I., ROGADO L. & SANTOS-REIS M. [eds.], 2005. Livro vermelho dos vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Lisboa, 660 p.
- CAPELA J.V., 2003. As freguesias do Distrito de Braga nas Memórias Paroquiais de 1758: a construção do imaginário minhoto setecentista. Universidade do Minho, 759 p.
- CASTELLO BRANCO C., 1867. A bruxa de Monte-Cordova (romance). Companhia Editora de Publicações ilustradas. 279 p.
- CHAMINÉ H.I. & GASPAR A.F., 1995. Estudo da compartimentação de maciços rochosos pela técnica de amostragem linear: aplicação a uma travessa da Mina de Carvão de Germunde. Estudos, Notas & Trabalhos, Inst. Geol. Min., Porto, 37: 97-111.
- CHAMINÉ, H.I., LOPES, M.E., AFONSO, M.J. GOMES, A. & TRIGO, J.F.C., 2008/2012. As antigas minas de água do Mosteiro de S. Martinho de Tibães (Braga): um percurso pela geoconservação (um guia de apoio). Geologia no verão / Ciência Viva. Edição em Cd-Rom. ISEP, Porto.
- COELHO DIAS G.J.A., 2010. Tibães: o encanto da Cerca, o silêncio dos monges e os últimos abades gerais dos beneditinos. Museu de S. Martinho de Tibães / Mosteiro de S. Bento da Vitória. 116 p.
- CONDE L., PEREIRA V., RIBEIRO A. & THADEU D., 1971. Jazigos hipogénicos de estanho e volfrâmio. Livro guia da excursão nº 7 do I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa. 81 p.
- COSTA L.R. & MACHADO LEITE M.R., 2000. A recuperação ambiental de áreas mineiras degradadas nas políticas de integração da indústria e ambiente do Ministério da Economia. Boletim de Minas, 37(3): 167-171.
- COTELO NEIVA J.M., 1944. Jazigos portugueses de cassiterite e de volframite. Comun. Serv. Geol. Portg. Lisboa, 25: 1-255.
- DGMSG [DIREÇÃO GERAL DE MINAS E SERVIÇOS GEOLÓGICOS], 1962. Minas concedidas no Continente, desde agosto de 1836 a dezembro de 1962. 2ª edição ampliada da lista e índice publicados em 1946. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Ministério da Economia, Lisboa. 261 p.

- DIAS COSTA M.J. 2002. A cerca do mosteiro de São Martinho de Tibães. Património e Estudos, IPPAR, Lisboa, 2: 86-95.
- FARINAS DE ALMEIDA A., 1946. A indústria mineira na economia nacional. Revista da Faculdade de Engenharia, 12(1): 1-16.
- FERREIRA N., DIAS G., MEIRELES C. & BRAGA M.A.S. 2000. Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50000. Notícia Explicativa da Folha 5- D (Braga). 2ª edição. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 68 p.
- FONSECA A.N. JR., 1943. Adicional ao plano de lavra da mina de volfrâmio Tibais: memória descritiva. 3 p. (relatório inédito).
- FONTES L., 2005. São Martinho de Tibães, um sítio onde se fez um mosteiro: ensaio em Arqueologia da Paisagem e da Arquitetura. Instituto Português do Património Arquitetónico. 215 p.
- FREIRE D., 2001. A febre do volfrâmio. História, 37 (III Série, Ano XXIII): 38-43.
- GERBELLA L. 1947. Arte mineraria. Terza Edizione, Volume I, Editore Ulrico Hoepli, Milano. 370 p.
- GONÇALVES H., SEQUEIRA F., TEIXEIRA J.L., F. & GROSSO J.M. 2000. Estudo da biodiversidade da Cerca do Mosteiro de S. Martinho de Tibães: inventário faunístico e medidas de conservação. CIBIO, Porto, 31 p.
- ISRM – INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 1981. Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 18: 85-110.
- ISRM – INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 2007. The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974-2006. In: Ulusay, R. & Hudson, J.A. (eds.), suggested methods prepared by the Commission on Testing Methods, ISRM. Ankara, Turkey. 628 p.
- LABCARGA – LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA E GEOLOGIA APLICADA, 2007-2008. Mina das Aveleiras: estudo geológico-geotécnico e projeto da estrutura de reforço e de proteção. Relatório para o Mosteiro de S. Martinho de Tibães, IPPAR. Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada, ISEP, Porto. 5 volumes + 4 anexos, (relatório inédito).
- LAGE M.O.P., 2002. Wolfram = volfrâmio: terra revolvida, memória revolta. Para uma análise transversal da sociedade portuguesa (anos 1930-1960). Monografias, Publicações do Núcleo de Estudos de População e Sociedade, Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho, Braga, 838 p.
- LAGOA A.M., 1941. Mina de wolframite de Tibais, plano de lavra: memória descritiva e justificativa. 4 p. + 5 mapas/perfis em anexo. (relatório inédito).
- LASSNER E. & SCHUBERT W.D., 2005. The history of tungsten (wolfram). Part I: The birth of the element and the early days of exploration. ITIA Newsletter, London. p. 6-11.
- LEAL GOMES, C. & GASPAR, O., 1992. Mineralizações filonianas associadas a cisalhamentos pós-pegmatóides do campo aplito-pegmatítico de Arga-Minho. Comun. Serv. Geol. Portg, 78(1): 31-47.
- LEAL GOMES, C., MEIRELES, C. & CASTRO, P., 1997. Estudo preliminar sobre a natureza poligénica de turmalinitos das Unidades de Valença-Vila Nune e Minho Central-Occidental (NW de Portugal): I. análise estrutural e paragenética. In: Pires, C. C.; Gomes, M. E. P. & Coke, C. (coords.), Comunicações da XIV Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, UTAD, Vila Real, p. 301-304.
- MEIXEDO J.P., LOPES M.E., DIAS COSTA M.J., TRIGO J.F.C. & CHAMINÉ H.I., 2011. Geological and mining heritage in NW Portugal & Coke, C. (coords.), Comunicações da XIV Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, UTAD, Vila Real. p. 85-90.
- LI C.K. & WANG C., 1943. Tungsten, its history, geology, ore-dressing, metallurgy, chemistry, analysis, applications, and economics. American Chemical Society Monograph Series, N.º. 94, New York, Reinhold Pub. Corp., 344 p.
- LIMA F. & LEAL GOMES C., 1999. Locais de interesse para a arqueologia mineira do Alto Minho (N de Portugal). Estado atual: métodos de caracterização e estratégias de aproveitamento. Cadernos Laboratório Xeológico de Laxe, A Coruña, 23: 89-99.
- LIMA F. & LEAL GOMES C., 2001. Locais de interesse geológico: uma valência do património natural e construído do Minho. Geonovas, Rev. Ass. Portg. Geol., Lisboa, 15: 99-111.
- LOPES M.E., 2012. Geoconservação e valorização do património geológico-mineiro de espaços subterrâneos antigos. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 325 p. + anexos. (tese de doutoramento).
- LOPES M.E., MEIXEDO P., NETO E.P., GAMA PEREIRA L.C., GOMES A., AFONSO M.J., DIAS COSTA M.J., TRIGO J.F. & CHAMINÉ H.I., 2008. Metodologias interdisciplinares em estudos de geoconservação de património geológico-mineiro: o caso da antiga mina de volfrâmio das Aveleiras (Mire de Tibães). In: Atas do V Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, UTAD, Vila Real, p. 91-97.
- MARTINS M., FREITAS I. V. & VAL VALDIVIESO M. I. del [coords.], 2012. Caminhos da água: paisagens e usos na longa duração. CITCEM, Braga. 293 p.
- MARTINEZ DE LIMA D., 1953. Wo3 a febre do volfrâmio: episódio nortenho da Grande-Guerra 1939-1945. Diogo Lima edição, Porto. 22 p.
- MATA A.M.R. & DIAS COSTA M.J., 1998a. Cerca do Mosteiro de Tibães. Prémio Internacional Carlo Scarpa para o Jardim (org. versão portuguesa). Lisboa, Fondazione Benetton Studi Ricerche / Instituto Português do Património Arquitetónico.
- MATA A.M.R. & DIAS COSTA M.J., 1998b. Natureza, memória, vida nova na Cerca do Mosteiro de Tibães. In: Prémio Internacional Carlo Scarpa para o Jardim. Instituto Português do Património Arquitetónico, Mosteiro S. Martinho de Tibães, p. 8-25.
- MATA A.M.R. & OLIVEIRA P., 2004. O processo de extinção do Mosteiro de São Martinho de Tibães. Património Estudos, IPPAR, 7: 101-111.
- MATA A.M.R., 2002. Fragmentos do Mosteiro de São Martinho de Tibães. Património e Estudos. IPPAR – Instituto Português do Património Arquitetónico, Lisboa, 2: 80-85.
- MATA A.M.R., RAMOS A. & SOARES M.J., 2000. Manuscritos da livraria do mosteiro de São Martinho de Tibães. Fórum, 27: 69-124.
- MEIRELES C., CASTRO P. & PEREIRA E., 1997. Novos dados litostratigráficos, estruturais e metamórficos do Paleozoico da região de Braga. In: Pires, C. C.; Gomes, M. E. P. & Coke, C. (coords.), Comunicações da XIV Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, UTAD, Vila Real, p. 301-304.
- MEIXEDO J.P., LOPES M.E., DIAS COSTA M.J., TRIGO J.F.C. & CHAMINÉ H.I., 2011. Geological and mining heritage in NW Portugal

(Mire de Tibães): threats and opportunities for a sustainable second life-cycle. In: Claughton P. & Mills C. (eds.), Mining Perspectives: Proceedings of the 8th International Mining History Congress. Cornwall and West Devon Mining Landscape World Heritage Site, Cornwall Council, Truro, p. 97-103.

MARINOS P. & HOEK E., 2001. Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as flysch. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 60: 85-92.

NASH J., 1993. We eat the mines and the mines eat us. Dependancy and exploitation in bolivian tin mines. Columbia University Press (Revised edition), New York, 363 p.

NOGUEIRA A.M., 1941. Elementos para o estudo da indústria mineira em Portugal nos anos de 1930 a 1939. *Boletim de Minas*, 6: 3-93.

NUNES J.P.A., 2001/2002. A indústria mineira em Portugal Continental desde a consolidação do regime liberal ao I Plano de Fomento do Estado Novo (1832-1953): um esboço de caracterização. *Revista Portuguesa de História*, 35: 421-464.

OLIVEIRA A.A., 1974. A abadia de Tibães e o seu domínio (1630-1680): estudo social e económico. Publicações da Faculdade de Letras do Porto. Universidade do Porto, 406 p.

OLIVEIRA P.C.J., 2004. A congregação Beneditina portuguesa no percurso para a extinção (1800-1834). Palimagem Editores, 344 p.

PEREIRA R., 2012. Estudo da antiga mina de volfrâmio das Aveleiras (Mire de Tibães): cartografia geotécnica e avaliação geomecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 147 p. + anexos (tese de mestrado).

PERSONDA – SOCIEDADE DE PERFURAÇÕES E SONDAGENS, 1994. Estudo hidrogeológico da cerca do Mosteiro de Tibães, em Braga. Relatório final para o Mosteiro de S. Martinho de Tibães IPPC, Personda Lda, Lisboa, 27 p. + anexos, (relatório inédito).

POUSADA R.V., 1947. Relatório de novo reconhecimento da mina de volfrâmio denominada Tibais, situada na freguesia de Mire Tibais. 4 p. (relatório inédito).

RIBEIRO A. & PEREIRA E., 1982. Controles paleogeográficos, petrológicos e estruturais na génese dos jazigos portugueses de estanho e volfrâmio. *Geonovas, Rev. Ass. Portg. Geol.*, Lisboa, 1/3: 23-31.

RIBEIRO A., 1943. Volfrâmio (romance). Livraria Bertrand. 438 p.

SIMÕES CORTEZ J.A., 1965. Métodos de exploração por desabamento (exposição crítica). *Estudos Notas e Trabalhos do Serviço Fomento Mineiro*, 37(1-2): 5-338.

TEIXEIRA C., MEDEIROS A.C. & MACEDO J.R., 1973. Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50000. Notícia Explicativa da Folha 5- D (Braga). Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa, 57 p.

TERMARED [AUTORES DO SETOR N DE PORTUGAL: CARVALHO, J.M., CHAMINÉ H.I., TEIXEIRA J., RODRIGUES C., MOREIRA P., SANTOS SILVA R. & PIRES A.], 2011. Catálogo de águas termais do espaço SUDOE / Catálogo de nascentes termais do espaço SUDOE / Catalogue des sources thermales de l'espace SUDOE. Programa de Cooperação Territorial do Espaço Sudoeste Europeu (SUDOE), Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 135 p.

TRIGO J.F.C., CHAMINÉ H.I., AFONSO M.J., ALMEIDA H., LOPES M.E., TEIXEIRA J., PEREIRA R., PINHEIRO R., MEIXEDO J.P.,

GOMES A., TEIXEIRA J.F.A. & DIAS COSTA M.J.. Valorização do património geológico-mineiro: a antiga mina das Aveleiras (Mosteiro de Tibães). *Revista Ingenium, Ordem dos Engenheiros*, Lisboa. (submetido)

VILAR A., 2008. O volfrâmio de Arouca no contexto da segunda guerra mundial. 2ª edição. Câmara Municipal de Arouca, 290 p.