

Impacte Ambiental de Antigas Minas de Sulfuretos Localizadas no Alentejo

André Matoso (*) (1)

1. Introdução

O abandono de uma mina conduz a uma série de implicações, entre as quais se destaca a afectação do meio ambiente.

Os problemas ambientais existentes no Alentejo relacionados com antigas explorações mineiras, resultaram da cessação da actividade mineira sem que tivessem sido adoptadas, ou sequer previstas, quaisquer medidas mitigadoras dos seus impactes.

Esta realidade prende-se com o facto de que o "mineiro" possuía outro tipo de preocupações, relacionadas com problemas de segurança e produtividade, que o levaram a relegar para um plano secundário a fase do abandono, que só era encarada, salvo raras excepções, no período final e mais crítico da operação mineira, quando as restrições económicas eram mais graves e, em muitos casos, já se haviam atingido situações ecológicas quase irreversíveis.

Acresce ainda, que é bastante recente a sensibilidade para este tipo de problemas, sentindo actualmente os responsáveis por empreendimentos mineiros necessidade de abordar a fundo o abandono racional de uma mina. Igualmente a administração pública tem vindo a tomar consciência progressivamente, deste problema.

As principais consequências ambientais deste tipo de problema, relacionam-se com a degradação da qualidade dos solos e do meio hídrico superficial

e subterrâneo, afectando a fauna e flora aquáticas e terrestres, animais domésticos e, indirectamente, consumidores humanos.

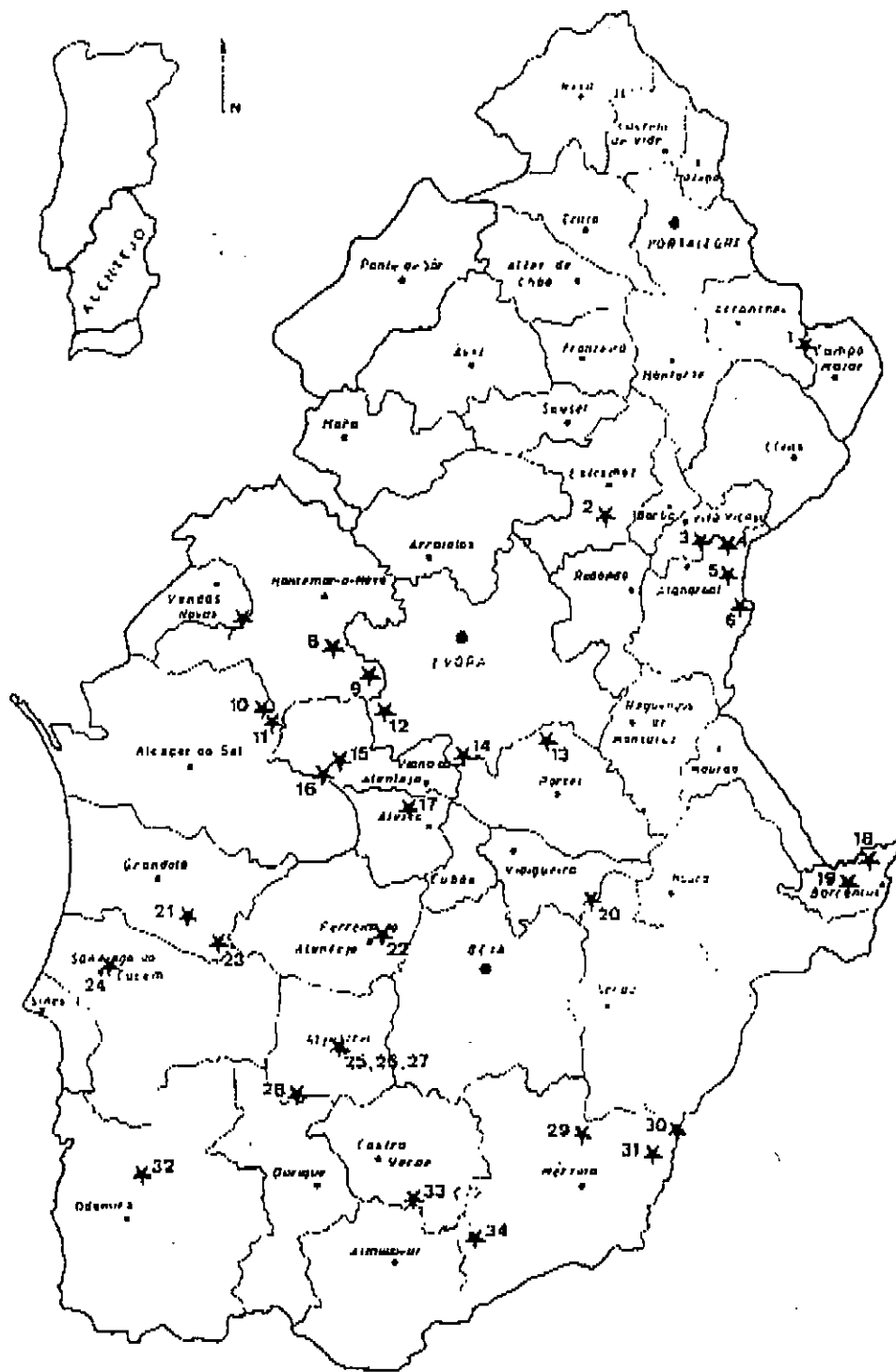
2. Caracterização dos principais problemas ambientais

A água constituiu sempre um factor fundamental para as operações de mineração metálica, nomeadamente na separação minério-estéril e como fonte energética, justificando-se assim que muitas minas e instalações metalúrgicas se situem muito próximas de cursos de água ou a eles ligados através de condutas.

As principais degradações ambientais relacionadas com a actividade mineira são causadas pela existência de drenagem ácida (formação de águas ácidas).

2.1 Problema da formação de águas ácidas

Quando uma mina de sulfuretos é abandonada, a água que circula através da rede de trabalhos mineiros (poços, galerias, etc.), escombrelas de estereis e restos de minério, conduz à acidificação do meio envolvente

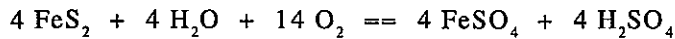


- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 - Tinoca (Cu) | 12 - Alcalinha (Cu) | 23 - Lousal (Py) |
| 2 - Mostardeira (Cu) | 13 - S. Manços - Mte. do Trigo (Cu) | 24 - Stgo. de Cacém (Cu) |
| 3 - Miguel Vacas (Cu) | 14 - Sobral - Ganhoteira (Cu) | 25 - Algarés (Py-Cu) |
| 4 - Zambujeira (Cu) | 15 - Alcáçovas (Entre Matas) (Cu) | 26 - S. João (Py-Cu) |
| 5 - Bugalho (Cu) | 16 - Alcáçovas (V. Nogueira) (Cu) | 27 - Feitais (Py-Cu) |
| 6 - Granja (Cu) | 17 - Alvito (Fe) | 28 - Montinho (Py) |
| 7 - Caeira (Py) | 18 - Defesa das Mercês (Cu) | 29 - Vale Covo - S ^a Branca (Py) |
| 8 - Monges (Fe-Py) | 19 - Aparis (Cu) | 30 - Chança (Py) |
| 9 - Nogueirinha (Fe-Py) | 20 - Orada (Fe) | 32 - Torgal (Pb-Zn-Cu) |
| 10 - Corte Pereiro (Cu-Pb-Zn) | 21 - Caveira (Py) | 33 - Cerro do Algaré (Cu) |
| 11 - Caeirinha (Cu-Pb-Zn) | 22 - Asseiceiras (Cu) | 34 - Barrigão (Cu) |

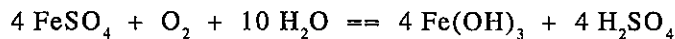
Figura 1 - Localização de antigas minas onde existe produção de drenagem ácida.

e à lixiviação de sulfuretos, vulgarmente conhecida por **drenagem ácida**.

Estes, em contacto com a água e com o oxigénio atmosférico, dão origem, por oxidação, a sulfato ferroso (solúvel), reacção que é acelerada pela presença de bactérias catalisadoras (especialmente a espécie *Thiobacillus ferrooxidans*) e acompanhada por uma elevada produção de ácido sulfúrico (1):



A subsequente oxidação do ferro ferroso produz hidróxido de ferro (insolúvel), o que contribui para o aumento da acidez:



A título de exemplo refira-se que 1g de enxofre contido em pirite produz 3,059g de ácido sulfúrico.

A manutenção de metais nas águas ácidas, nomeadamente metais pesados, depende de diversos factores, nomeadamente do pH, conteúdo em ferro, potencial redox e temperatura.

Esta drenagem ácida provoca graves problemas ecológicos que podem persistir bastante tempo após o abandono das actividades mineiras, dificultando o desenvolvimento de uma cobertura vegetal espontânea nas áreas envolventes e sobre as escombrelas e, ainda, a degradação de ecossistemas ribeirinhos próximos (2).

Em termos de toxicidade, podem colocar-se graves riscos, uma vez que a elevada acidez do meio (frequentemente com $\text{pH} < 3$) aumenta a solubilidade dos metais, incluindo alguns com efeitos tóxicos variáveis, tais como chumbo, cádmio, arsénio, mercúrio, zinco e níquel.

Outra consequência negativa relaciona-se com o decréscimo de oxigénio no meio aquático, devido ao seu elevado consumo no processo de oxidação do ferro ferroso.

3. Principais minas antigas, produtoras de águas ácidas

Com base num mapa publicado pelo Serviço de Fomento Mineiro, é possível identificar na região Alentejo 34 minas antigas onde existe produção de drenagem de águas ácidas, tratando-se principalmente de minas de pirite e/ou de pirite cuprífera (Fig 1).

A maioria destas minas pertence à província metalogenética denominada Faixa Piritosa Ibérica (estendendo-se de Sevilha até próximo de Grândola), correspondendo os jazigos a lentículas de sulfuretos polimetálicos com volumetria e tonelagem variadas. São exemplos de minas desta província: Caveira, Lousal, Aljustrel, Montinho, Chança e São Domingos. Outros tipos de jazigos correspondem a sulfuretos de cobre disseminados (Ex.º: mina da Tinoca) ou em associações filonianas (Ex.ºs: minas de Miguel Vacas, Granja-Mociços, Caeira, Mostardeira, Aparis, Juliana, Barrigão, Algaré).

Apesar do fraco conhecimento sobre o período pré-romano, o historial da primitiva mineração no Alentejo

parece estar ligado aos tartessos, seguidos dos cartagineses e mais tarde dos romanos. As actividades mineiras dos romanos foram também muito importantes nas minas de Caveira, Lousal, Montinho e São Domingos, onde exploraram cobre, prata e ouro. Em Aljustrel, os grandes depósitos de escoriais mal fundidos existentes junto à mina de Algares (450.000 ton.) (3), contêm mais de 3.5% Cu - os atribuídos aos fenícios ou cartagineses - e menos de 0.5% Cu, os de origem romana.

Com base em observações de campo, consideram-se como responsáveis pelas degradações ambientais mais graves, as seguintes minas: Tinoca, Caveira, Lousal, Aljustrel e S. Domingos.

Mina da Tinoca

- Concelho de Campo Maior.
- Bacia do Rio Xévorá (Guadiana).
- Drenagem para a Ribª de Abrilongo (3 Km).
- Mineralização objecto de exploração: sulfuretos de cobre disseminados (principalmente calcopirite e pirite) e magnetite, tendo sido a lavra efectuada através de uma rede de trabalhos subterrâneos, ligada à superfície por 3 poços.
- Primeiras actividades de origem romana, tendo tido grande importância em meados do século XIX, datando a primeira concessão de 1885. A mina era propriedade de uma companhia inglesa quando encerrou definitivamente, em 1934.
- Produção total: cerca de 26.000 T.
- A drenagem ácida é originada a partir de **escombrelas, antigas bacias de cementação e poços mineiros**. Até 3 Km a jusante são notados os efeitos da acidez no ecossistema fluvial. O impacte ambiental desta drenagem ácida envolve ainda a projectada construção da barragem de Abrilongo destinada ao regadio de solos em Espanha (6250 ha) e Portugal (5000 ha) porque afectará a qualidade da água da futura albufeira, em termos de acidez e conteúdo em metais pesados, com sérias consequências para a sua utilização.

Mina da Caveira

- Concelho de Grândola.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem dirigida para a Ribª de Grândola.
- A actividade mineira nesta zona foi bastante importante durante o período romano, ao qual são atribuídas várias galerias, poços e cerca de 300.000 toneladas de escoriais. A sua primeira concessão data de 1863 e os trabalhos mineiros foram suspensos em 1943.
- O jazigo explorado é constituído por pirite maciça associada a sulfuretos de cobre, zinco e chumbo. A produção total foi de 5000 toneladas de cimento de cobre.
- Principais degradações ambientais: afectação da paisagem, da qualidade das águas superficiais, da qualidade dos solos e, eventualmente, da qualidade das águas subterrâneas, como consequência da drenagem ácida produzida a partir de grandes volumes de escombrelas metalíferas (valores de pH próximos de 2; valores de Condutividade entre cerca de 50.000 e 20.000

mS/cm, determinados em Fev^o 97, na linha de água adjacente à área mineira).

Mina do Lousal

- Concelho de Grândola.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem dirigida para a Rib^a de Corona.
- Jazigo redescoberto em 1882 (os romanos exploraram um jazigo aflorante), concedido em 1900 e trabalhos mineiros suspensos no final de 1988.
- Jazigo constituído por 18 massas de pirite cuprífera intercaladas em xistos grafitosos. Minério utilizado na indústria de adubos e produção de ácido sulfúrico.
- Principais degradações ambientais:
 - 1) pedreira (área de 7 ha e taludes com alturas de 30 m), de onde provinha o material para enchimento das zonas exploradas, que comunicava com as galerias da mina através de chaminés de descarga. Não foi objecto de qualquer medida de recuperação paisagística;
 - 2) drenagem ácida em áreas adjacentes às antigas instalações industriais, drenando para a área da pedreira e Rib^a de Corona;
 - 3) zona situada junto à antiga estação ferroviária de Lousal, onde era efectuado o armazenamento de pilhas de minério até serem escoadas por via férrea. Mantém-se a drenagem ácida em direcção à Ribeira de Corona, distante cerca de 300 m.

Na Rib.^a de Corona determinaram-se valores de pH (1993) entre 2 e 3 e valores de condutividade entre 2 e 11 mS/cm

Minas de Aljustrel (S. João, Algares e Feitais)

- Concelho de Aljustrel.
- Bacia Hidrográfica do Rio Sado.
- Drenagem geral em direcção à Rib.^a do Roxo, situada a cerca de 6 Km para N.
- 4 minas: 2 suspenderam os trabalhos mineiros por motivos económicos (Feitais e Moinho) e 2 devido ao esgotamento dos jazigos, que afloravam (Algares e S. João).
- Início da actividade mineira atribuído aos fenícios e cartagineses e, posteriormente, aos romanos, datando de 1847 a primeira concessão oficial.
- Em todas as minas foram explorados jazigos de sulfuretos complexos, com predominância de pirite cuprífera em associação com prata, ouro e sulfuretos de zinco, chumbo e arsénio.
- A produção de cimento de cobre totalizou 33.000 toneladas. Outra aplicação: indústria de ácido sulfúrico.
- Principais degradações ambientais relacionadas com drenagem ácida que afecta a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, a paisagem, a qualidade dos solos adjacentes e a fauna e floras, nomeadamente aquáticas (5). Os danos ambientais foram iniciados com as primeiras explorações, devido à acumulação de escoriais mal fundidos (contendo mais de 3.5% de cobre, os mais antigos e 0.5% de cobre os de origem romana), totalizando cerca de 450.000 toneladas.

As 3 principais zonas afectadas:

Área da mina de Algares - Permanecem as consequências do método utilizado até aos anos 70 na beneficiação do minério (cementação de cobre). Este tratamento consistia na lixiviação do minério, por águas ácidas provenientes das minas de Algares e Feitais (com sistemas de drenagem ligados em profundidade), percolando através de pilhas de minério e de antigas escombrelas metalíferas. Em seguida, estas águas circulavam em lagoas de cementação e de evaporação, acumulando-se por fim numa albufeira de águas ácidas, de construção bastante antiga, ocasionalmente lançadas na rede de drenagem, no troço superior da Rib.^a de Água Forte, afluente da Rib.^a do Roxo. Actualmente, embora já não se procede a este tipo de tratamento, é necessário continuar a bombear para a referida albufeira, as águas do sistema Algares-Feitais, para rebaixar o nível freático local, por forma a não afectar os trabalhos mineiros na mina do Moinho. A lixiviação natural das escombrelas, pela escorrência e infiltração de água de origem pluvial, mantém uma drenagem ácida em direcção à Rib.^a de Água Forte.

Área da mina de São João - existência de drenagem ácida (embora de menor dimensão) relacionada com a área da antiga mina, a partir de antigas zonas industriais e anexos mineiros, em direcção à Rib.^a de Água Azeda.

• Características médias das águas ácidas produzidas (4):

Algares S. João Feitais			
Caudal médio anual (1.000 m ³ /ano)	60	60	120
Sulfatos (mg/L)	4300	4300	4300
Cu (mg/L)	83	2.1	14
Pb (mg/L)	0.26	0.35	0.20
Fe (mg/L)	2000	1100	600
Zn (mg/L)	3300	253	180
Cd (mg/L)	7.5	0.14	0.41

Valores de pH normalmente entre 2 e 3

Monte das Pedras Brancas - Área a cerca de 7 Km ESE de Aljustrel onde, desde 1879, a empresa concessionária operava uma instalação metalúrgica sendo a pirite queimada e depois lixiviada, sendo as águas ácidas resultantes, sujeitas a um processo de cementação. Os efeitos nocivos da drenagem ácida são ainda hoje perfeitamente visíveis nos solos adjacentes e numa linha de água com o sugestivo nome de Barranco da Água Azeda. Valores determinados em 1993: pH 3.05 e Condutividade 1.38 mS/cm.

Mina de São Domingos

- Localizada a cerca de 16 Km de Mértola, constituiu um centro mineiro histórico em Portugal, tendo existido uma intensa actividade mineira romana (que explorava apenas o ouro contido no "chapéu de ferro"), produzindo cerca de 750.000 toneladas de escórias de minério.
- Localizada na bacia hidrográfica do Rio Guadiana, a drenagem da área mineira é feita em direcção ao Rio Chança, distante 3 Km.
- O jazigo (aflorante) era formado por uma única massa vertical de pirite cuprífera (associada a sulfuretos de zinco e chumbo). Até 120 m abaixo da superfície topográfica, a exploração foi a céu aberto, sendo feita através de poços e galerias subterrâneas até ao piso - 420 m.
- Entre 1857 e 1966, foi regularmente explorada pela companhia britânica "Mason & Barry, Ltd.", sob contrato com a concessionária espanhola "La Sabina", até ao seu completo esgotamento, tendo sido extraídos 25.000.000 T de minério.
- Além da produção de concentrados de cobre, foram processados 9.9 milhões de toneladas de pirite cuprífera, como fonte de enxofre elementar.
- 2 hm³/ano - efluente mineiro produzido, durante a fase produtiva (6).
- Após a suspensão da mineração e até 1968, funcionou afectada por várias deficiências, uma instalação destinada ao aproveitamento (por lixiviação e cementação) do cobre contido no minério considerado estéril.

Como resultado da cessação das operações mineiras, sem quaisquer preocupações para evitar ou minimizar os riscos ambientais, os principais problemas são actualmente os seguintes:

- 1) existência de um enorme reservatório de águas ácidas, junto à povoação da Mina de São Domingos, com uma profundidade de 122 metros, formado pela acumulação de água na antiga zona da mina a céu aberto, tendo sido inundada toda a rede de trabalhos subterrâneos;
- 2) drenagem ácida produzida a partir de inúmeras escombrelas metalíferas, afectando a qualidade das águas superficiais e dos solos envolventes, ao longo de vários quilómetros até atingir a Ribeira do Mosteirão, afluente do Rio Chança onde se localiza a albufeira da barragem do Chança, construída em 1985;
- 3) permanência de antigas bacias de retenção de águas ácidas, que favorecem a sua infiltração, com a consequente possibilidade de afectação da qualidade de recursos hídricos subterrâneos (total da superfície de evaporação criada: 97 ha).

Valores determinados em Abril de 1997, na Rib.^a de Mosteirão: pH - 3,55; Cond. - 2.182 µS/cm.

4. Problemática de reabilitação de áreas mineiras abandonadas

Com base no Plano Nacional da Política de Ambiente (7), constata-se que, até ao ano 2000, não está previsto efectuar a inventariação das zonas associadas a solos contaminados ou o lançamento de medidas correctoras (passivas ou activas), se exceptuarmos a descontaminação dos solos da zona da EXPO'98, pelo que dos cerca de 1000 milhões de contos que se prevê venham a ser investidos, até 1999, em matéria de Ambiente, previsivelmente não será afectada qualquer verba a esta problemática.

A tendência geral na UE aponta para a utilização de estratégias passivas (restrição ao uso dos solos contaminados e contenção da lixiviação), até que surjam técnicas baratas para o seu tratamento. No caso da Alemanha, irão ser dispendidos cerca de 450 milhões de contos, fundamentalmente na descontaminação de solos dos *lander* da ex-RDA. Nos EUA, cerca de 20.000 Km de cursos de água encontram-se degradados por drenagem ácida de minas, estimando-se que 90% desta drenagem tenha origem em áreas mineiras abandonadas.

5. Técnicas de reabilitação de áreas mineiras abandonadas

Existem actualmente diversas técnicas visando a reabilitação de antigas áreas mineiras, envolvendo custos variáveis e sendo função do tipo de exploração que foi praticada. A título de exemplo, poderão ser indicadas as seguintes:

preventivas - actuam sobre algum destes 3 factores que concorrem para a formação de águas ácidas: oxigénio, água ou bactérias *Thiobacillus ferrooxidans* (técnicas muito recentes).

- inundação ou selagem de minas
- redução da afluência de água à zona mineira/impermeabilização
- inibição bacteriana (outras bactérias; detergentes aniónicos - lauril sulfato de sódio; substâncias orgânicas conservantes - sais de ácidos orgânicos)

correctoras - aplicáveis para tratar as águas ácidas associadas a ambientes mineiros.

Correcção da drenagem ácida:

- instalações para Neutralização Química + Oxidação + Precipitação (ex.: uso de filtros de calcário + arejamento + precipitação em tanques de sedimentação);
- filtros para permuta iónica (resinas sintéticas de alto peso molecular) - desionização;

- instalações para osmose inversa (uso de membranas semipermeáveis);
- tratamentos biológicos (com bactérias *Desulphovibro desulphicans*, com musgos do género *Sphagnum*, ou com *Typha*).

Tratamento de escombrelras:

- remoção para o sistema mineiro subterrâneo ou zona de lavra a céu aberto, ou para outro destino final ;
- estabilização da morfologia dos aterros, posterior impermeabilização, cobertura com solo e revegetação.

6. Conclusões

Face às situações existentes, torna-se necessário e premente resolver os casos de degradação ambiental provocada por antigas actividades de mineração no Alentejo, criando as condições necessárias para a reabilitação das áreas afectadas e conferir-lhes, se possível, novas utilizações, de carácter produtivo ou não. Através da sua reabilitação, poderão ser criadas condições para um novo uso do solo, substancialmente diferente, implicando a colocação dos terrenos em determinadas condições morfológicas e de produtividade, de acordo com um plano prévio de utilização das áreas anteriormente afectadas e procurando-se alcançar um estado ecologicamente estável, conseqüente com os valores biofísicos da zona onde se inserem.

Os benefícios mais imediatos estarão associados à revalorização paisagística e melhoria da qualidade do solo, permitindo a sua utilização para uso agrícola ou pastoril, bem como a melhoria da qualidade da água, a qual poderá ser utilizada para rega ou actividades de lazer. Os benefícios a prazo poderão relacionar-se com um eventual aproveitamento das antigas áreas mineiras em termos de arqueologia industrial, através da criação de museus mineiros que exibam equipamentos, minerais, a história da mineração, testemunhos de antigas civilizações que aí viveram e trabalharam, etc. Este aproveitamento não só terá benefícios em termos económicos, como permitirá uma melhor divulgação do património cultural.

Considera-se que a reabilitação das áreas afectadas pelas 5 minas anteriormente indicadas, poderia ser alcançada através da concretização de projectos que poderiam englobar as seguintes fases:

- 1- caracterização da situação de referência de cada uma das zonas afectadas (caracterização biofísica e ambiental) e determinação do seu enquadramento jurídico-administrativo.
- 2- identificação dos impactes actuais, com reflexo nas diversas componentes ambientais.
- 3- determinação das causas, características e avaliação dos efeitos desses impactes.
- 4- definição de propostas de medidas correctoras, que reduzam a níveis admissíveis os impactes detectados.
- 5- elaboração de projectos de reabilitação para cada uma das áreas afectadas, de acordo com a utilização final prevista.
- 6- execução física dos projectos de reabilitação anteriormente elaborados.

7- Referências bibliográficas

- [1] METCALFE, B. (1990) - Establishing long-term vegetational cover on acidic mining waste tips by utilising consolidated sewage sludges. *In Proceedings of the International Symposium on Acid Mine Water in Pyritic Environments*. Lisboa. pp. 255-267.
- [2] BERNAT, J. X. et al. (1991) - Documentação do Curso sobre Impacto Hidroquímico e Controlo Ambiental. Universidade de Oviedo.
- [3] CARVALHO, D.; GOINHAS, J.; SCHERMERHORN, L. (1971) - Principais jazigos minerais do Sul de Portugal. *In Livro-Guia da excursão n.º 4 do 1º Cong. Hispano-Luso-Americano de Geologia Económica*. D.G.G.M. Lisboa. 94 p.
- [4] HIDROPROJECTO e HIDROMINEIRA (1990) - Estudo de protecção do meio hídrico na área do complexo mineiro de Aljustrel. Vol I-Apresentação e Síntese. Pirites Alentejanas, SA.
- [5] MATOSO, A.; SANTANA, M.J.; VIANA, A. (1995) - Contaminação por metais com origem na antiga Mina de Algares (Aljustrel). *In Comunicações do 1º Congresso Ibérico sobre Contaminação e Toxicologia Ambiental*. Universidade de Coimbra. Coimbra. p.p. 21.
- [6] PEREIRA, E.G.; MOURA, I.; COSTA, J.R.; MAHONY, J.D. THOMANN, R.V. (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 the ancient cupriferous pyrite mine (Portugal). *In Mar. Freshwater Res.*, 46, 145-51.
- [7] MINISTÉRIO DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (1994) - Plano Nacional da Política de Ambiente. Lisboa.

(*) Geólogo; Chefe da Divisão de Recursos Hídricos - Direcção de Serviços da Água - Direcção Regional do Ambiente-Alentejo

Declaro que pretendo ser assinante da Revista **Agroforum** por 1 ano (2 números)

A partir do nº _____ Para o efeito envio:
 Cheque nº _____ s/banco _____
 Nome: _____ Nº de Cont.: _____
 Morada _____

Assinatura: _____

Continente e Ilhas - 750\$00