

Recuperação paisagística e ambiental de áreas degradadas pela exploração de recursos minerais a céu aberto

Paulo J. C. Favas *

1. Introdução

As actuais áreas degradadas pela exploração de recursos minerais a céu aberto podem, na sua maioria, inserir-se na categoria de "**paisagem devastada**", de acordo com a caracterização de Malgot & Mahr (1985), uma vez que as componentes naturais perderam a capacidade de auto-regeneração em tempo útil, sendo a sua reabilitação apenas possível mediante a introdução, pelo Homem, de medidas correctivas.

O **Decreto-Lei n.º 89/90**, de 16 de Março, ao estabelecer o regime jurídico específico a que fica sujeito o aproveitamento das massas minerais, define, no seu artigo 2º, "**recuperação paisagística**" como "**a revitalização biológica, económica e cénica, do espaço afectado pela exploração, dando-lhe nova utilização, com vista ao estabelecimento do equilíbrio do ecossistema, ou restituindo-lhe a primitiva aptidão**".

Esta definição, tal como salienta Costa (1992), é obviamente restritiva, na medida em que não considera outras soluções igualmente válidas, aplicáveis nomeadamente em zonas urbanas e industriais e que no essencial não contemplam a "revitalização biológica". Sendo assim, este autor apresenta um conceito mais abrangente,



Figura 1 – Pedreira de xisto em fosso.

entendendo a recuperação de áreas degradadas como "o conjunto de acções visando a criação de condições necessárias e suficientes para dotar o espaço afectado de um uso compatível com a estabilidade física e o equilíbrio ecológico e em consonância com os valores paisagísticos do meio envolvente" (Costa, 1992, p.352).

2. Restauração e Reconversão

Este último conceito de recuperação, sendo mais versátil, permite abranger um vastíssimo leque de soluções que, para facilidade do estudo, se podem classificar em dois grandes grupos: as **soluções de restauração** e as **soluções de reconversão** (Ramalho, 1991; Costa, 1992).

A **restauração** tem por objectivo a reposição das condições previamente existentes, isto é, o restabelecimento do uso do solo anterior ao da exploração mineral. Neste sentido, torna-se necessária a reconstituição aproximada da morfologia original do terreno.

A **reconversão** compreende a alteração significativa do uso anterior do solo, com vista à sua valorização económica e estética, em sintonia com as exigências do desenvolvimento rural ou urbano. Esta modalidade, de um modo geral, não implica a reconstituição do perfil original do terreno nem a regeneração das condições ambientais iniciais.

Portanto, em alguns casos poderá recuperar-se efectivamente o uso original do terreno, enquanto que em outros, a solução mais interessante passará pelo estabelecimento de um uso diferente, assim como pela criação de paisagens inteiramente novas. Qualquer que seja a modalidade de recuperação adoptada, ela deve ajustar-se às necessidades da zona envolvente, ser compatível com os usos aí existentes e não prejudicar o ambiente (ITGE, 1989).

3. Possibilidades de recuperação

Apresentamos seguidamente a descrição sumária de um conjunto de

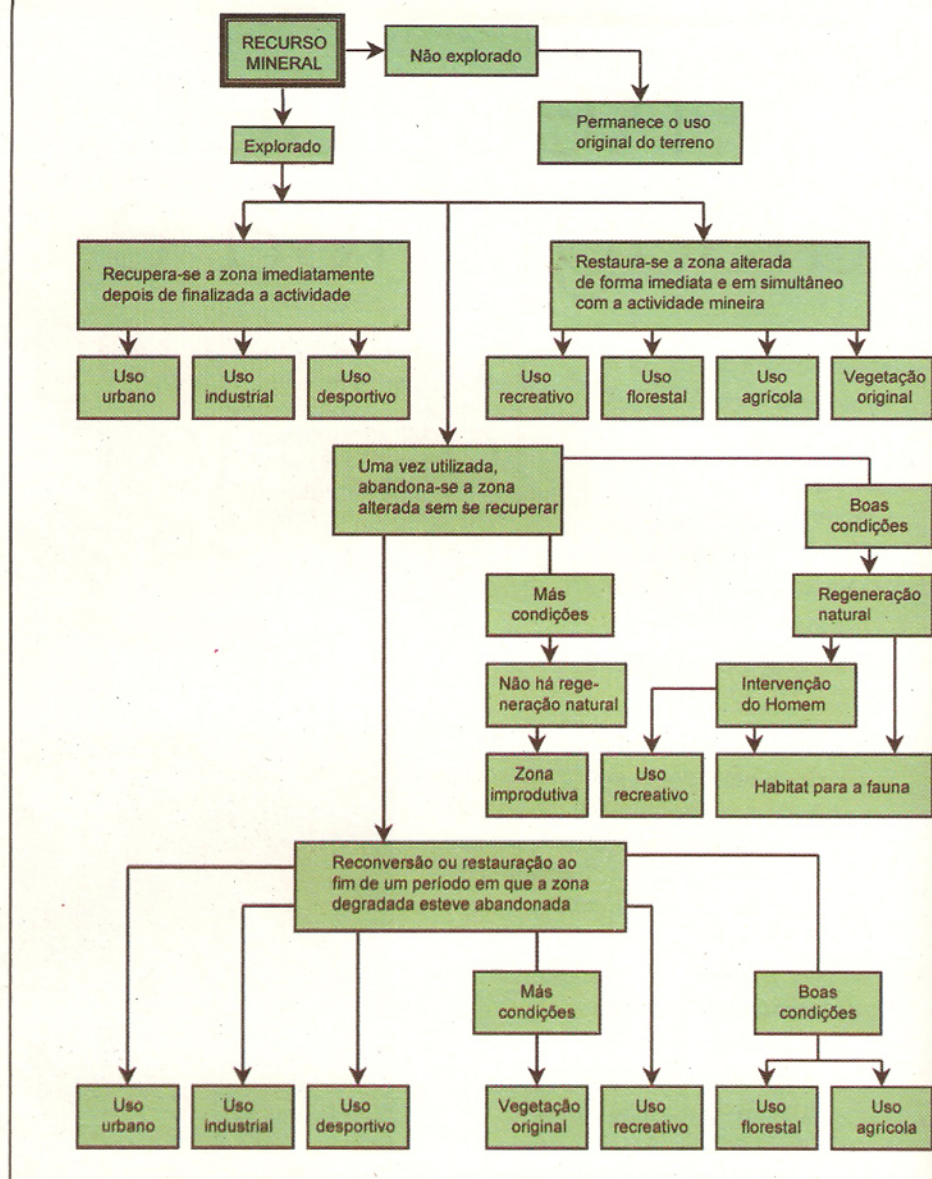


Figura 2 - Esquema da estratégia a seguir na recuperação de uma zona degradada por actividades mineiras (modificado de ITGE, 1989, p. 201).

soluções de recuperação de áreas degradadas pela actividade extractiva, de acordo com o esquema global da figura 2.

3.1. Uso agrícola

O uso agrícola constitui uma solução adequada e economicamente viável em zonas rurais. De facto, o estabelecimento de vegetação pode ser feito com custos mais baixos do que em outras possibilidades de uso, como o florestal ou a reabilitação ecológica, e com rentabilidade económica maior e mais imediata.

No entanto, para garantir o êxito da reutilização agrícola do solo, é necessário que se verifiquem as seguintes condições (Galim, 1984 in Costa, 1992):

- Espessura mínima de 40 cm;
- Horizonte superior rico em húmus, sem mistura de outros horizontes e sem compactação;
- Renivelamento ou enchimento parcial cuidadoso e compatível com drenagem eficaz;
- Reconstituição do solo respeitando os horizontes originais;
- Nível do solo reconstituído claramente acima do nível freático.

Como na maioria dos casos, o solo que existia antes da exploração é removido e depositado juntamente com os resíduos da extracção, tornando-se necessário trazer solo de outros locais, a preços elevados. No caso de se dispor de quantidades insuficientes de solo arável, a solução pode pas-

sar por se agregar outros materiais finos como areia, cinzas volantes, resíduos de lavaria, etc. (depois de analisadas as suas propriedades edáficas), juntamente com correctivos e fertilizantes (ITGE, 1989).

As características da área a recuperar também condicionam a escolha do uso agrícola. Para além do declive, é necessário que a área seja extensa e as escavações pouco profundas. Na Tabela I estão indicados os principais condicionantes para o aproveitamento agrícola de um terreno a recuperar.

3.2. Uso florestal

Ainda que a sua execução seja normalmente mais cara e a sua rentabilidade económica mais baixa e com resultados a longo prazo, quando comparado com o uso agrícola, em algumas ocasiões esta pode ser uma solução com melhores resultados económicos.

Adequado para zonas rurais, o regime florestal é a melhor solução para solos pobres, terrenos pedregosos e zonas declivosas (declives até 70%). A falta de nutrientes, teores elevados de metais tóxicos, valores de pH baixos e a compactação do substrato podem limitar o crescimento da vegetação, pelo que a escolha das espécies adequadas e a garantia da existência de água, de boas condições de permeabilidade e drenagem e de defesa contra roedores são medidas necessárias para que o uso florestal tenha boas probabilidades de êxito (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982; ITGE, 1989; Costa, 1992).

A escolha das espécies depende também da espessura do solo e subsolo disponível. ITGE (1989) refere, por exemplo, que são necessários 60 cm de espessura para o pinheiro negro, 1,20 m para o castanheiro e o abeto e 2 m para o carvalho roble.

Para minorar o problema da insuficiência de solo arável pode recorrer-se, tal como para o uso agrícola, à agregação com outros materiais finos.

A recuperação por uso florestal, para além de uma finalidade paisagística, tem outros objectivos, como sejam: obtenção de madeira e resina, proporcionar alimento e protecção

CONDICIONANTES FÍSICOS	
Factores	Limitações
Pedregosidade	As pedras na superfície do terreno a recuperar interferem na gestão agrícola. Terrenos com menos de 0,01 % de pedras na superfície total podem cultivar-se; de 0,01 a 15% dificultam o cultivo; mais de 15% torna praticamente impossível o uso agrícola.
Declive	Declives de mais de 25% são demasiado elevados para qualquer alternativa agrícola; mais de 10% são inapropriados para cultivos aráveis.
Disponibilidade de água	A sobrevivência e o crescimento das culturas, em certos climas, pode depender da rega. Ainda que se utilizem espécies autóctones, a rega pode ser necessária para o seu estabelecimento.
Drenagem	A drenagem da zona recuperada, verificado que o nível freático se encontra sempre a mais de 50 cm abaixo da superfície, deve ser dimensionada de forma a evitar situações de excesso de água.
Erosão	A erosão do solo constitui um problema em todos os terrenos agrícolas. O emprego de uma cultura anual ou de espécies utilizadas para pastos e forragens, pode ajudar a estabilizar o solo e a reduzir a erosão.
CONDICIONANTES QUÍMICOS	
Factores	Limitações
Acidez/ /Alcalinidade	É impraticável qualquer tipo de uso agrícola se o substrato é demasiado ácido (pH < 4,5)
Nutrientes	A falta de nutrientes, nos terrenos afectados pela actividade extractiva, pode constituir um sério condicionante na recuperação desses terrenos para actividades agrícolas. A aplicação de fertilizantes pode ser uma solução, mas também pode tornar economicamente inviável o aproveitamento agrícola do terreno.
Metais tóxicos	Algumas minas antigas contêm teores residuais de metais tóxicos que não permitem manter o nível de produtividade requerido, mesmo com a aplicação de fertilizantes. A contaminação das culturas (toxicidade) pode constituir um risco para a saúde de pessoas e animais.

Tabela I - Principais condicionantes físicos e químicos no uso agrícola (adap. de Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982 e ITGE, 1989).

para a fauna, proteger o solo da erosão, constituir zonas recreativas, etc. (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982).

3.3. Reservatórios de água

As escavações profundas, de minas e pedreiras, podem ser utilizadas

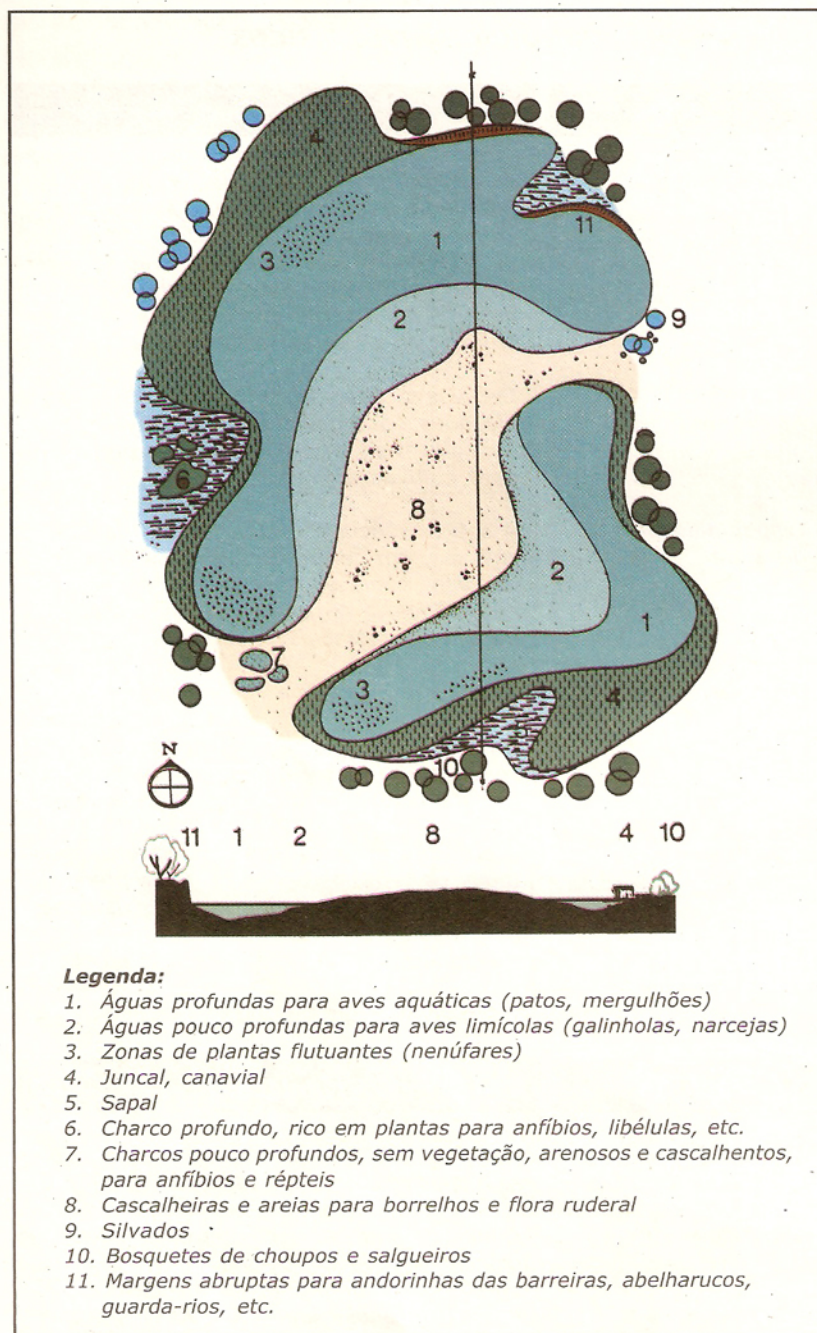


Figura 3 – "Capacidade de acolhimento" de uma pedra abandonada (modificada de Costa, 1992, p. 399).

como reservatórios estratégicos para o armazenamento de água que, dependendo da sua qualidade, pode ser utilizada para diversos fins: rega, abastecimento domiciliário ou industrial, recarga de aquíferos, combate a incêndios, etc.

3.4. Conservação da natureza e refúgios ecológicos

As explorações a céu aberto, apesar da sua origem artificial, podem comportar elementos em tudo idênticos aos de diversos meios que caracteri-

zam a paisagem natural, pelo que os processos de colonização "espontânea" por diversas espécies podem, ao fim de um certo tempo, conferir a esses terrenos um potencial ecológico importante. As pedreiras com água (Costa, 1992), por exemplo, da mesma forma que as albufeiras de barragens, podem revelar-se essenciais à sobrevivência de espécies animais e vegetais, em zonas onde a água é escassa, contribuindo para diversificar ecossistemas em regiões interiores. Numerosos tipos de explorações aparecem como lugares de interesse bio-

lógico devido a processos de colonização natural. Uma das situações mais frequentes é a instalação de comunidades de morcegos em galerias de minas abandonadas, como acontece por exemplo nas minas de Vale das Gaças (exploração de W e Sn) no distrito de Vila Real.

A reabilitação ecológica de uma zona degradada por via "espontânea" é de facto possível, no entanto pode revelar-se muito demorada, se a natureza do substrato e as condições edafoclimáticas locais não forem favoráveis. A intervenção humana poderá levar a que se consiga promover a colonização dessas áreas mais cedo do que nos casos gerais.

De salientar que com a reabilitação ecológica se pretende, não só os objectivos gerais da recuperação paisagística (tal como é definida na lei), mas também a promoção de um conjunto de medidas destinadas a dotar o local de interesse ecológico, educativo e científico. Estas medidas podem compreender, quer a manutenção de biótipos em vias de extinção, quer a criação de refúgios para espécies ameaçadas, por exemplo (Costa, 1992).

No caso de se pretender criar biocenoses preexistentes pode-se tentar obter resultados a partir da colonização "espontânea".

Se esta não vingar, será necessário favorecer o aparecimento de biocenoses ecologicamente interessantes, tirando partido do meio envolvente. De qualquer forma, em primeiro lugar, há que fazer um levantamento das biocenoses existentes antes da exploração e daquelas que se encontram nas proximidades.

A "capacidade de acolhimento" (LSPN, 1981 in Costa, 1992) de uma escavação depende muito da sua geometria. Grandes dimensões e diversidade de formas multiplicam os nichos ecológicos e o número de indivíduos. Também é necessário ter em conta que existem diversas circunstâncias que podem ser favoráveis à evolução ecológica satisfatória, entre as quais:

- A diversidade e riqueza dos ecossistemas vizinhos;

- A presença de "vias de penetração", como vales, etc.;
- A proximidade a eixos de migração de aves.

O tratamento de um terreno com vista à reabilitação ecológica, depende dos objectivos que se pretendem atingir com os trabalhos, mas de um modo geral consiste em duas etapas fundamentais:

- 1) O tratamento das frentes da escavação e das escombrelas;
- 2) A instalação de espécies vegetais.

O tratamento das frentes e das escombrelas visa, essencialmente, garantir a estabilidade mecânica adequada do substrato. Quando se procede às plantações deve evitar-se a introdução de espécies não adaptadas ao meio (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982). A introdução de espécies exóticas deve ser muito bem ponderada. Da mesma forma, a introdução de animais deve ser objecto de muita ponderação.

3.5. Uso recreativo, desportivo e educacional

Uma outra solução, adequada para as situações em que os terrenos degradados se encontram em zonas urbanas ou periurbanas, consiste na adaptação a espaços vocacionados para actividades recreativas, desportivas e pedagógicas.

Neste domínio, as possibilidades de uso são inúmeras. Se os terrenos a recuperar são secos é possível reconverter-los, por exemplo, em percursos de bicicleta, de motocross, a cavalo ou a pé, campos de golfe, de futebol, de ténis, de tiro, escolas de escalada, jardins botânicos, etc. (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982). A propósito, Costa (1992).

refere o exemplo, ocorrido na Florida, da incorporação de duas pedreiras de calcário num campo de golfe. Algumas escavações, em pedreiras, apresentam formas de anfiteatro que se podem adaptar e utilizar como auditórios para espectáculos ao ar livre (ITGE, 1989).

Se os terrenos são muito húmidos, ou se verifica a presença de um nível freático elevado, pode aproveitar-se a existência permanente de água para a construção de espelhos de água, lagos para aquacultura, pesca recreativa ou desportos aquáticos, etc. (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982). Também os terrenos degradados situados em áreas rurais apresentam um potencial recreativo significativo, ainda que menos intensivo. As operações de reconversão, nestes casos, podem passar pela construção de parques de merendas, de estacionamento ou de campismo, que funcionem como estruturas anexas de Parques Naturais. A adaptação a matas de recreio, pistas de equitação e visualização de panorâmicas são outras possibilidades de uso viáveis.

O projecto de recuperação da escombrela da Serrinha (Mina de Carvão de Germunde - Couto Mineiro do Pejão) constitui um exemplo interessante de reconversão de uma área degradada num espaço recreativo e desportivo (Fig. 4).

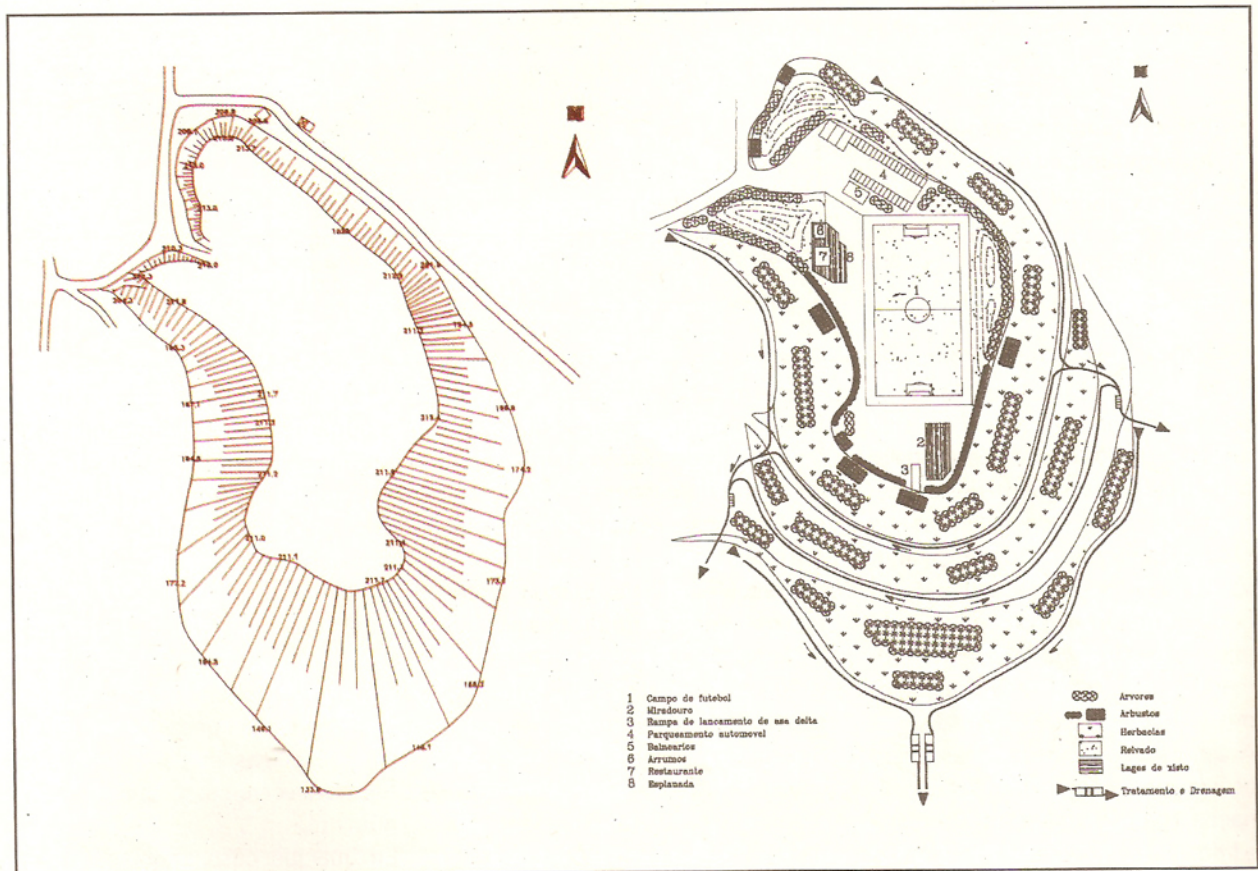


Figura 4 - Planta topográfica inicial da escombrela da Serrinha (Couto Mineiro do Pejão) e plano geral de recuperação paisagístico-ambiental (Gama & Arrais, 1996, p. 23, 36).

3.6. Instalação de aterros sanitários

A deposição de resíduos sólidos urbanos e industriais nos espaços deixados pela extracção de massas minerais pode, em algumas situações, ser concretizada com a segurança desejável. Esta solução torna-se particularmente útil quando as minas e pedreiras se encontram próximas de áreas urbanas e industriais.

A deposição dos resíduos deve ser feita de forma absolutamente controlada, pelo que é fundamental um estudo prévio de viabilidade técnico-económico.

Os aspectos mais importantes a ter em conta são (ITGE, 1989; Costa, 1992):

- **Critérios económicos de exploração** (distância a percorrer, acessibilidade, compatibilidade com outras funções do território, área suficiente para armazenagem de lixo durante um período mínimo de 10 anos, etc.);
- **Estudo de impacte ambiental** (distância a zonas habitadas, a cursos de água, a explorações agro-pecuárias, etc.);
- **Estudo geológico-geotécnico e hidrogeológico** (caracterização dos solos, permeabilidade da fundação, rede de percolação, comportamento da toalha freática, etc.).

Os solos utilizados no recobrimento das camadas de lixo poderão ser os solos de cobertura que tenham sido removidos pelas operações de destapagem da jazida e guardados em depósito. Se os solos de cobertura não são suficientes, ou não apresentam as características adequadas, é necessário recorrer à prospecção de material nas imediações, abrindo câmaras de empréstimo nos locais apropriados.

A disposição do lixo em camadas, deverá ser feita com uma dada inclinação a partir do talude que formava a frente de desmonte, continuando o processo até ao preenchimento do vazio (Fig. 5).

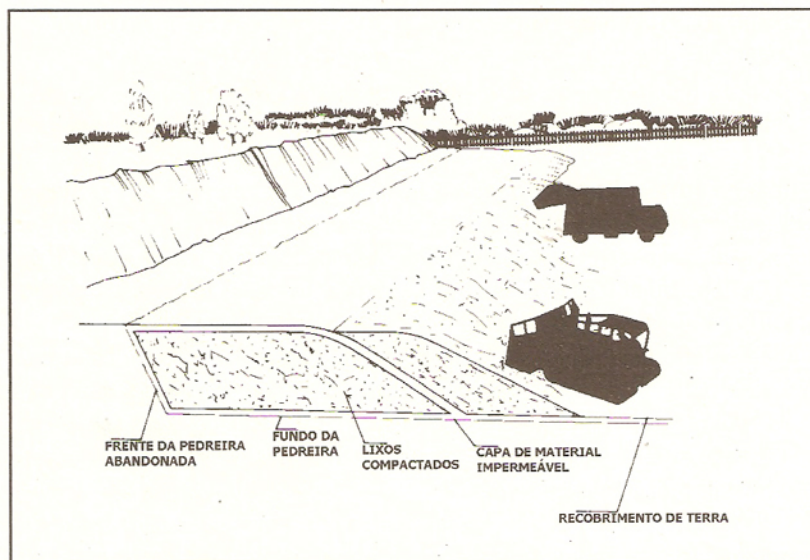


Figura 5 - Representação esquemática de um aterro sanitário numa antiga pedreira (ITGE, 1989, p. 204).

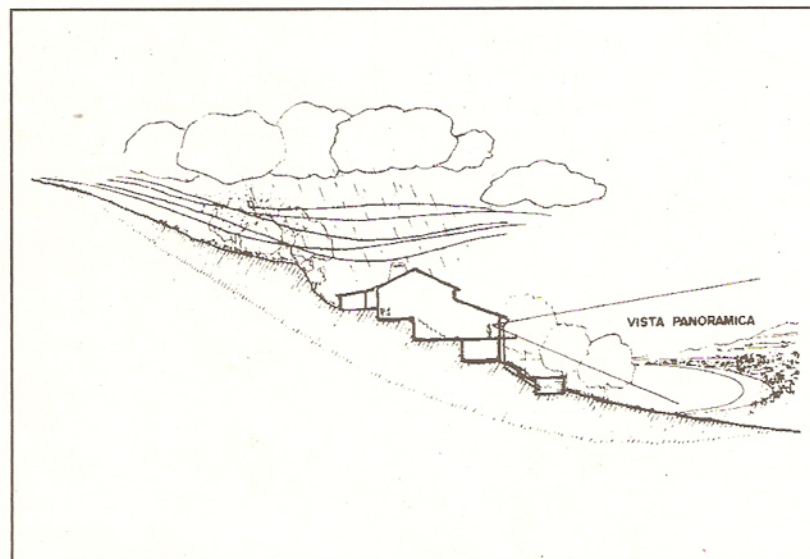


Figura 6 - Aproveitamento urbanístico de uma escavação em meia encosta (ITGE, 1989, p. 202).

Relativamente aos gases (nomeadamente metano e dióxido de carbono), que tendem a escapar-se do interior do aterro, por difusão lateral e vertical, deverá proceder-se à colocação de drenos para a sua recolha e posterior queima.

A eventual circulação de água no aterro e os lixiviados produzidos pela decomposição dos lixos devem ser colectados a partir da instalação de drenos na base do aterro.

Se o maciço é permeável, ou as operações de extracção induziram um aumento da sua permeabilidade, torna-se necessário tratar a interface maciço-aterro, de forma a estabelecer uma protecção impermeável,

associada a drenagem. Esta situação pode envolver alguns riscos, se a superfície de impermeabilização a criar não garantir efectivamente as condições de estanqueidade teoricamente desejáveis.

Nos casos em que seja difícil tratar convenientemente o maciço de fundação do aterro sanitário torna-se imprescindível que os terrenos se situem fora das zonas de recarga ou de infiltração ligadas a aquíferos vulneráveis, assim como fora de zonas de descarga associadas a meios húmidos.

Em qualquer caso, a condição de segurança preferencial é a de que o fundo da pedreira, onde se pretende ins-

talar o aterro sanitário, se encontre francamente acima do nível freático (Costa, 1992).

3.7. Uso urbanístico e industrial

Nas situações em que o tecido urbano se aproxima ou engloba as explorações mineiras, as escavações realizadas podem aproveitar-se para construir zonas residenciais, comerciais ou mesmo unidades industriais. De facto, as operações de desmonte criam nivelamentos e formas em bancada que podem facilitar a construção de edifícios e a consequente integração no meio urbano ou industrial (Williamson, Johnson & Bradshaw, 1982).

Os factores condicionantes deste tipo de aproveitamento derivam (ITGE, 1989) da instabilidade dos taludes, das condições de drenagem e das propriedades geotécnicas dos terrenos, o que requer um tratamento adequado.

Em zonas húmidas aqueles problemas acentuam-se, podendo inviabilizar este tipo de uso.

4. Extracção e recuperação progressiva

Do ponto de vista teórico, a situação ideal é a que permite realizar as operações de recuperação ambiental na sequência da lavra, tal como é ilustrado na figura 7.

Para que tal seja possível, torna-se

necessário (tal como é definido por lei) o estabelecimento de um plano de lavra de acordo com um plano de recuperação paisagística e vice-versa. No entanto, o plano de recuperação não deverá ser muito rígido, mas sim flexível o suficiente de forma a contemplar várias alternativas que possam assegurar diversas possibilidades de uso futuro (Ramalho, 1991).

5. Acções de recuperação

Depois de descritas algumas possibilidades de recuperação de terrenos afectados por explorações mineiras, torna-se necessário referir os tipos de acções aplicados para a obtenção dos efeitos pretendidos. A classificação que aqui apresentamos foi proposta por Costa em 1987 (Costa, 1992):

5.1. Renivelamento

Consiste no preenchimento total do vazio resultante da extracção. O entulhamento deve ser processado com os materiais que constituem as escombrelas. Desocupa-se assim os terrenos ocupados pelas escombrelas, favorecendo a sua reutilização. A facilidade de concretização deste tipo de acção depende da quantidade de resíduos da extracção disponíveis.

Trata-se de uma acção vocacionada para as soluções de restauração do uso do solo, visando a sua devolução aos usos agro-florestais originais. No entanto, as soluções de reconversão do uso do solo com renivelamento

também são viáveis, como por exemplo, a ocupação do espaço com áreas de lazer, parques, espaços verdes, pavilhões desportivos, piscinas, etc., em que as eventuais edificações sejam ligeiras. A construção de edifícios ou quaisquer estruturas pesadas é também possível, desde que haja uma maior exigência no que respeita à capacidade de carga dos materiais que constituem o aterro.

5.2. Enchimento parcial

Se a quantidade de resíduos disponíveis não é suficiente para o preenchimento total da escavação, nem se recorre ao transporte de materiais de outros locais, o enchimento parcial (quase total ou reduzido) pode ser a solução.

O enchimento parcial da escavação também permite a restauração do uso anterior do solo, quando os desníveis criados não são muito acentuados. No entanto, em áreas urbanas e periurbanas as soluções mais eficazes encontram-se no domínio da reconversão (uso urbanístico e industrial e uso recreativo, desportivo e educacional).

5.3 Manutenção com tratamento

Neste caso, as acções de recuperação limitam-se ao tratamento das superfícies originadas pela exploração, de forma a tirar partido dos desníveis criados. Os processos de tratamento consistem, basicamen-

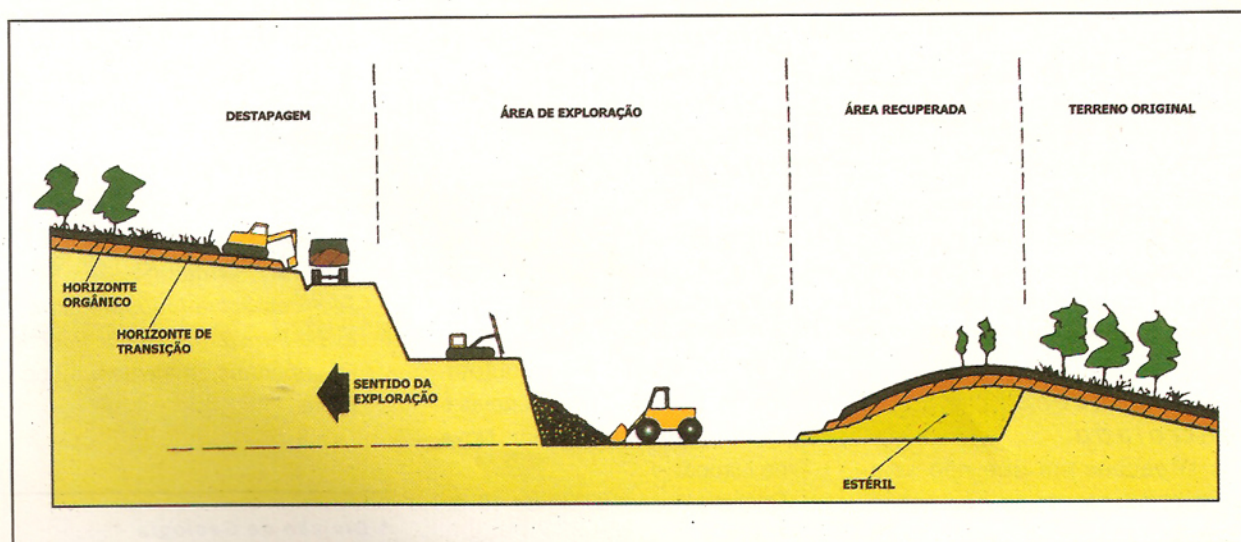


Figura 7 - Extracção e recuperação ambiental progressiva de uma pedreira (adap. de ITGE, 1989, p. 235).

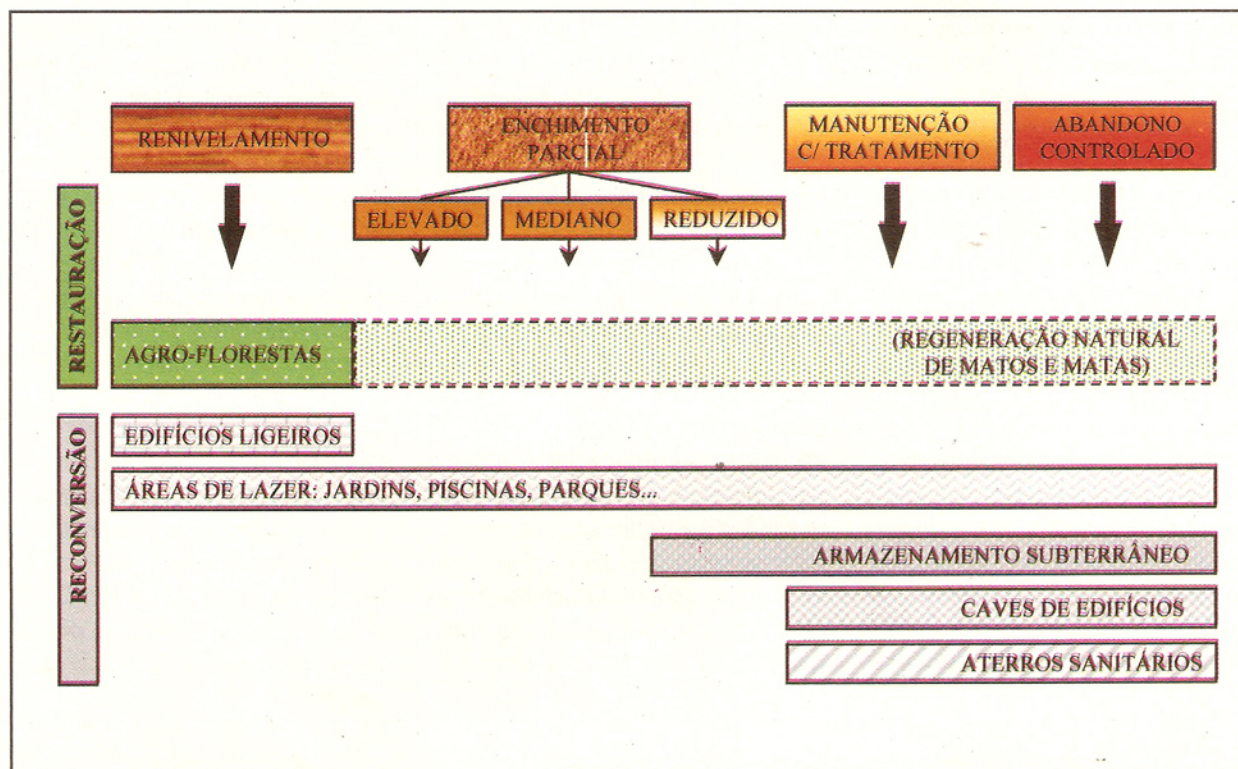


Figura 8 – Possibilidades e acções de recuperação de áreas degradadas pela extracção de massas minerais (modificado de Costa, 1992, p. 357).

te, em sanear os blocos instáveis ou cortar algumas irregularidades com o objectivo de garantir a estabilidade física do maciço.

A recuperação com manutenção dos desníveis constitui por isso um tipo de solução que se insere, genericamente, no domínio da reconversão. Sendo uma das soluções menos dispendiosas, pode ser combinada com o enchimento de zonas restritas com a finalidade de se desenvolverem projectos de anfiteatros, zonas de piquenique, pistas de motocross, lagos, etc..

Para além da criação de áreas de lazer, e no caso de pedreiras em fosso, a recuperação do vazio criado pelas actividades extractivas pode ser feita no sentido de satisfazer necessidades de espaço para armazenamento de produtos, tais como água para rega, ou para construção de aterros sanitários.

5.4. Abandono controlado

Nas situações em que não seja possível assegurar as operações de restauração ou de reconversão em termos economicamente viáveis,

poderá ser aceitável adoptar um processo de regeneração por "evolução natural", nomeadamente nos casos de pequenas pedreiras há muito abandonadas.

De qualquer forma, torna-se necessária uma acção mínima de controlo, de forma a garantir condições de segurança para pessoas e animais e evitar a transformação do local em vazadouro.

O esquema da figura 8, modificado de Costa (1992), resume um conjunto de possibilidades de recuperação, de acordo com as modalidades de acção atrás expostas.

Referências bibliográficas

- Costa, C. S. N. (1992). *As Pedreiras do Anticlinal de Estremoz. A Geologia de Engenharia na Exploração e Recuperação Ambiental de Pedreiras*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 89/90 de 16 de Março.
- Gama, C. D.; Arrais, C. M. (1996).

Recuperação ambiental e paisagística da escombreira da Serriinha anexa à Mina de Carvão de Germunde. *Bol. Minas*, (33-1), pp. 21-37.

- ITGE (1989). *Manual de Restauración de Terrenos e Evaluación de Impactes Ambientales em Minería*. Inst. Tecnol. Geomin. España.
- Malgot, J.; Mahr, T. (1985). Devastation of the environment by landslides activated by construction. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, (31), pp. 81-88.
- Williamson, N. A.; Johnson, M. S.; Bradshaw, A. D. (1982). *Mine Wastes Reclamation*. Mining Journal Books.
- Ramalho, M. R. (1991). Recuperação de áreas degradadas pela exploração de pedreiras e indústria transformadora. *Jornadas Técnicas Sobre Indústria Extractiva e Transformadora de Rochas Ornamentais do Alentejo*, 12 pp., Évora.

* Divisão de Geologia - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro