

## Tipologia de impacte ambiental associado à actividade extractiva no Minho – Gestão de resíduos e soluções de reabilitação

TERESA VALENTE; C. LEAL GOMES

Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga

e-mail: teresav@dct.uminho.pt

**Resumo:** Recorrendo à análise de locais chave identificam-se os principais focos e qualifica-se o impacte ambiental associado à lavra mineira na região do Minho. A representatividade dos locais é estabelecida no âmbito dos desequilíbrios naturais e no âmbito das técnicas de mineração adoptadas. Além disso, a cada caso correspondem processos específicos de diluição natural do impacte ambiental e soluções de reabilitação, programadas ou já estabelecidas, também específicas. Por isso, estes locais constituem situações padrão no contexto da análise do impacte ambiental associado a intervenções extractivas no Minho, e representam balizas para a avaliação da correspondente magnitude.

**Palavras-chave:** actividade extractiva; local chave; tipologia de impacte ambiental; reabilitação da qualidade ambiental.

**Abstract:** Mining sites analysis was used to qualify the environmental impact related to mining activity in the Minho region. These represent key sites, which were selected based on their natural unbalances and regarding a diversity of natural features, mining solutions and rehabilitation strategies. Therefore they represent environmental patterns, regarding the evaluation and qualification of the environmental impact related to former and present days mining activity.

**Keywords:** Mining activity; key site; environmental impact typology; rehabilitation strategies.

### 1. Introdução

A região do Minho caracterizou-se no decurso das décadas de 30, 40 e 50 por intensa actividade extractiva dirigida à exploração de minérios metálicos – Sn, W. A partir da década de 60 as minas de metais foram sendo sucessivamente abandonadas. Actualmente a reabilitação do interesse mineiro atende à viabilidade económica da extracção de minerais industriais e rochas graníticas.

No seu conjunto os desequilíbrios ambientais associados à actividade extractiva, presente e passada, são diversificados tanto em magnitude como quanto ao tipo de componentes ambientais afectadas, sendo por vezes determinante a natureza dos materiais que são mobilizados. Nestes casos o tipo paragenético do depósito mineral torna-se o condicionante fundamental do impacte e assume especial importância em intervenções mobilizadoras de materiais com elevado potencial poluente. É o caso das extracções incidentes sobre jazigos portadores de sulfuretos polimetálicos. Estes casos são extremos na medida em que o desequilíbrio afecta a generalidade das componentes ambientais.

No território do Minho a degradação da qualidade ambiental nas áreas sujeitas à actividade extractiva situa-se entre os extremos:

- 1) sectores com explorações de minérios metálicos, actualmente abandonadas;
- 2) sectores onde prevalece um estado benigno de reabilitação da actividade extractiva dirigida à exploração de

minerais industriais, sobretudo quando esta incide sobre a reciclagem de escombrelas onde se acumulam os estereis da beneficiação de minérios metálicos. Entre estas duas situações existe um espectro diversificado de abordagens do processo extractivo com magnitudes de impacte ambiental também diversificadas. De entre este seleccionaram-se alguns padrões tipológicos correspondentes a locais chave, dada a sua representatividade no âmbito da variabilidade de desequilíbrios e evoluções naturais, no âmbito das aproximações técnicas à exploração e também no domínio das soluções de revalorização/reabilitação das áreas afectadas (potenciais ou já estabelecidas). Surge assim uma tipologia do impacte, que acessorariamente indicia o estado de qualidade ambiental nesta região, no que respeita à valência impacte associado a intervenções extractivas. Os locais chave considerados envolvem quase sempre problemas de gestão de resíduos. Por isso a tipologia que se apresenta tem uma maior adequação para situações em que a evolução de escombrelas é determinante na expressão do impacte ambiental.

### 2. Análise de casos – locais chave

Na Tabela I apresentam-se os locais chave que são usados como padrões do impacte ambiental (I.A) associado à actividade extractiva no Minho.

Discriminam-se as seguintes propriedades, a ter em conta na sua caracterização:

- estado da lavra;
- condicionantes de impacte, em particular a localização da área mineira, tipo genético de depósito e condições de acumulação em escombreira;
- magnitude do impacte e componentes ambientais afectadas (naturais e socioeconómicas);
- evolução paragenética das escombreiras – estabilidade actual e prevista;
- processos de diluição/reabilitação natural do impacte e soluções de revalorização de áreas afectadas.

Cada local é caracterizado por uma combinação típica de propriedades determinantes na manifestação do impacte. Os métodos de análise utilizados em cada caso pretendem destacar a natureza primordial (essencialmente geomorfológica ou geoquímica) dos mecanismos que determinam a evolução dos sistemas afectados.

### 2.1. Explorações mineiras abandonadas

No âmbito desta tipologia as explorações mineiras abandonadas podem enquadrar-se em duas situações extremas, consoante o estatuto de ordenamento das áreas em que se encontram – localização em ambiente protegido

ou localização em área sem estatuto especial. Na segunda situação, o principal factor que diversifica os padrões de impacte, diz respeito ao contexto paragenético dos depósitos. Dele resultam diferentes tendências de evolução geoquímica das escombreiras, onde se situam em geral os fulcros dos desequilíbrios. Em consequência surgem diferentes magnitudes de impacte ambiental associado.

### Padrões de I.A. – Estado actual e evolução

Caracterizam-se de seguida os padrões seleccionados, realçando-se o estado evolutivo actual, ao qual correspondem frequentemente processos de reabilitação natural. A localização dos padrões encontra-se na Figura 8, adiante.

### Minas da Cabração

O impacte ambiental directamente associado à exploração de Sn, Nb e Ta manifestou-se sobretudo ao nível paisagístico (desmontes). No entanto a causa primordial de instabilização não resultou da exploração de metais propriamente dita, no depósito pegmatítico, mas sim da modificação do regime de transporte e retenção de cargas sedimentares no sistema fluvial para onde foi dirigida a rejeição dos estéreis triturados finos. Foi esta a modificação que promoveu o desequilíbrio geológico,

| Local chave                           | Localização                      | Tipo de depósito/<br>Mineralização                               | Período de laboração<br>mais intensa | Tipo de<br>exploração      |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|----------------------------|
| Minas da Cabração                     | Serra de Arga<br>(Ponte de Lima) | Pegmatítico - Sn, Nb e Ta  | 1930 – 1960                          | Céu aberto/<br>subterrânea |
|                                       |                                  | Pegmatítico – Quartzo, feldspato                                 | Lavra activa                         | Céu aberto                 |
| Minas do Cerquido                     | Serra de Arga<br>(Ponte de Lima) | Zona de cisalhamento (sulfuretos em ganga quartzosa) – Zn, Au, W | 1930 – 1950                          | Subterrânea                |
| Couto mineiro de<br>Valdarcas         | Covas<br>Vila Nova Cerveira      | Skarn com sulfuretos – W   | 1950 – 1984                          | Céu aberto/<br>Subterrânea |
| Mina de Chã do<br>Virialho            | Taião - Valença                  | Filões de quartzo com sulfuretos –<br>W                          | 1940 – 1960                          | Céu aberto/<br>Subterrânea |
| Mina dos Carris                       | Carris - PNPG                    | Filões de quartzo no granito pós-<br>tectónico - W, Mo           | 1930 – 1970                          | Céu aberto/<br>Subterrânea |
| Depósito do<br>Lourinhal              | Ponte de Lima                    | Artificial – escombreira de estéreis<br>quartzo-feldspáticos     | Prospecção e lavra<br>experimental   | Céu aberto                 |
| Pedreiras de<br>Santo Ovídio          | Ponte de Lima                    | Maciço granítico de<br>Santo Ovídio                              | Lavra activa/<br>Suspensa            | Céu aberto                 |
| Pedra da Moura/<br>Golfeiro           | Ponte da<br>Barca                | Pegmatítico-Quartzo, feldspato                                   | Até década 80                        | Céu<br>aberto              |
|                                       |                                  | Saibreira  | Lavra activa                         |                            |
| Penedo do Filho<br>Mata da Galinheira | Ponte da<br>Barca                | Pegmatítico-Quartzo, feldspato                                   | Até década de 80                     | Céu<br>aberto              |

Tabela I – Locais chave – padrões de impacte ambiental associado a intervenções extractivas.

geomorfológico e pedológico que caracteriza o sistema afectado, representado na Figura 1.

Após o abandono da exploração, a retenção de estêreis no sistema fluvial ocorreu em duas pequenas barragens. O colapso da primeira barragem de retenção permitiu o transporte torrencial dos estêreis, que assim assorearam totalmente a albufeira de uma barragem de regadio, situada a jusante – barragem do Lourinhal. O volume de assoreamento da albufeira resulta essencialmente da escombreira deslocada e constitui um depósito artificial explorável de material quartzo-feldspático – depósito do Lourinhal (Tabela I). O correspondente depósito primário pegmatítico (Minas da Cabração) também actualmente é alvo de exploração para produção de misturas quartzo-feldspáticas.

Este sistema, depósito mineral primário – bacia fluvial, foi sujeito a um processo de caracterização do estado

Este estudo de caracterização evidenciou um carácter paradigmático no que respeita às manifestações de impacte ambiental. Este espaço foi afectado por sucessivas intervenções antrópicas, relacionadas com o aproveitamento de georecursos. Numa primeira etapa de cerca de 60 anos, desde o início da lavra dirigida à exploração de Sn, Nb e Ta, sucederam-se ciclos de impacte diversificados, nem sempre de carácter negativo. Por exemplo a baixa reactividade dos estêreis possibilitou o desenvolvimento de um prado e a superfície da albufeira assoreada foi durante anos utilizada para pastoreio e actividades de lazer. Actualmente é um depósito de material quartzo-feldspático, cujas especificações industriais evidenciam qualidade cerâmica (VALENTE *et al.*, 2001b). Portanto a segunda etapa (actualidade) corresponde a uma reabilitação do uso primitivo do território, que passa pela revalorização dos recursos minerais (triturados do Lourinhal e

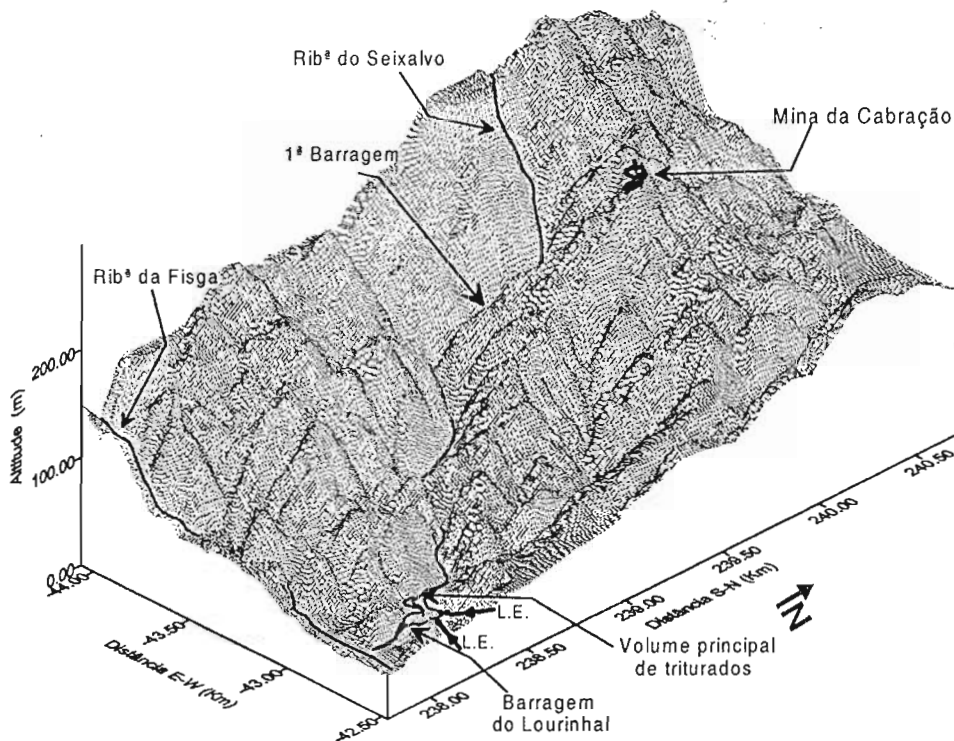


Fig. 1 – Caracterização geomorfológica do sistema afectado. L.E. – Leques Eluviais. Adaptado de VALENTE *et al* (2001b).

actual e de previsão da sua evolução, mediante a integração de dados e métodos provenientes da topografia e geomorfologia, gestão de recursos hídricos e gestão de recursos minerais.

pegmatito da Cabração com apetência cerâmica) e dos recursos hídricos, água armazenada na albufeira do Lourinhal após dragagem.

Couto mineiro de Valdearcas

As escombrelas de Valdearcas foram constituídas por acumulações sucessivas de estéreis finos, resultantes do tratamento de skarns complexos com volframate e scheelite. A mineralogia dos estéreis é caracterizada pela coexistência de sulfuretos (pirite, pirrotite e arsenopirite), diversos silicatos, carbonatos e fosfatos. A alteração dos sulfuretos condicionada pelos ritmos climáticos sazonais, gera águas de drenagem ácida (AMD - "Acid Mine Drainage") (WEBSTER *et al.*, 1994; BIGHAM *et al.*, 1996; GRAY, 1998) (Fig. 2). A influência deste tipo

VALENTE *et al.*, 1995, 1998; VALENTE, 1996; MORENO *et al.*, 1997).

Em Valdearcas, o desequilíbrio mineralógico e geoquímico da escombreira origina o principal foco de impacto, com consequências sobretudo em termos de contaminação aquática do sistema fluvial do rio Coura, que é o sistema receptor das linhas de água que drenam o couto mineiro.

A caracterização destes efluentes, com base nos parâmetros físico-químicos indicadores, consta da Figura 3. Na sequência da drenagem ácida e no contexto do quimismo antagonico entre sulfuretos (geradores de

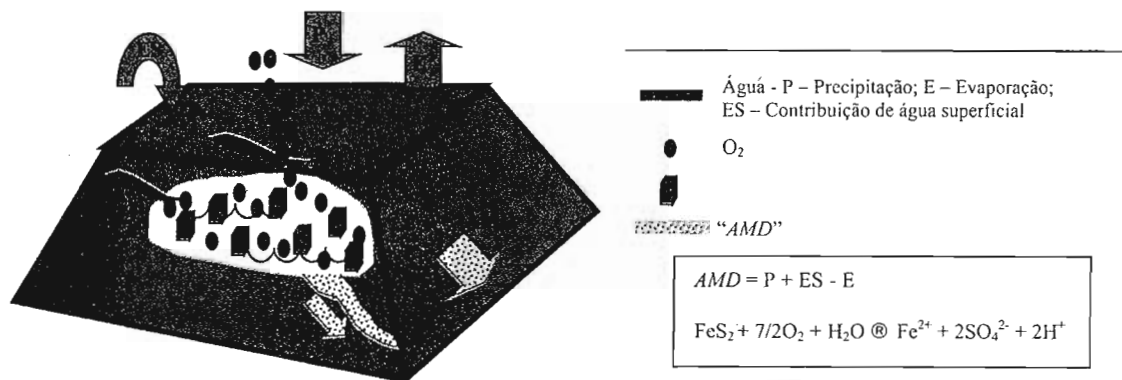


Figura 2 - Modelo de geração de AMD.

de efluentes sobre os sistemas aquáticos regionais tem sido referida por vários autores (PEREIRA *et al.*, 1993; NUNES *et al.*, 1995; SANTOS OLIVEIRA, *et al.*, 1995;

soluções ácidas) e carbonatos (promotores da neutralização), desenvolve-se uma cadeia de mecanismos biogeoquímicos com reflexos nas propriedades dos

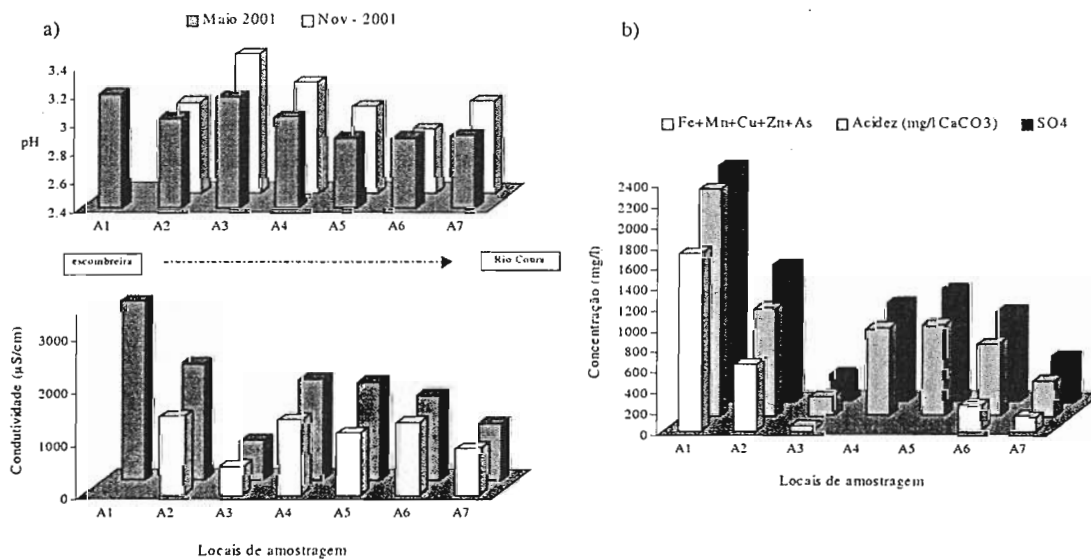


Fig. 3 – Caracterização físico-química das AMD em Valdearcas. A1 a A6 correspondem a uma sucessão de locais de amostragem na linha de água que transporta o efluente até à confluência no rio Coura.

a) Caracterização sazonal expedita *in situ*. b) Caracterização correspondente a colheita efectuada em Maio 2001.

efluentes e conseqüentemente nos sistemas fluviais afectados. Por exemplo, as neoformações mineralógicas supergénicas – sais solúveis, couraças ferralíticas e argilas (VALENTE *et al.*, 1998), actuam diferenciadamente nos processos de transporte iónico e particulado e na atenuação dos efeitos da contaminação mineira, promovida pela drenagem ácida. Também a presença de microorganismos típicos de ambientes ácidos, como as algas *E. mutabilis* e *Klebsormidium sp.* (Fig. 4) (VALENTE *et al.*, 2001a) condiciona os processos de lixiviação/deposição de metais, sobretudo do ferro.

mas progressiva, que se observa nas suas porções mais estabilizadas e menos sujeitas a remobilização física. Aqui, a estrutura da vegetação, no que respeita à distribuição e abundância de espécies individuais é por vezes já evoluída, com interrelações complexas, que evidenciam a dominância de comunidades adaptadas às características ambientais da escombeira. É o caso da porção de escombeira a que corresponde o diagrama da Figura 5.

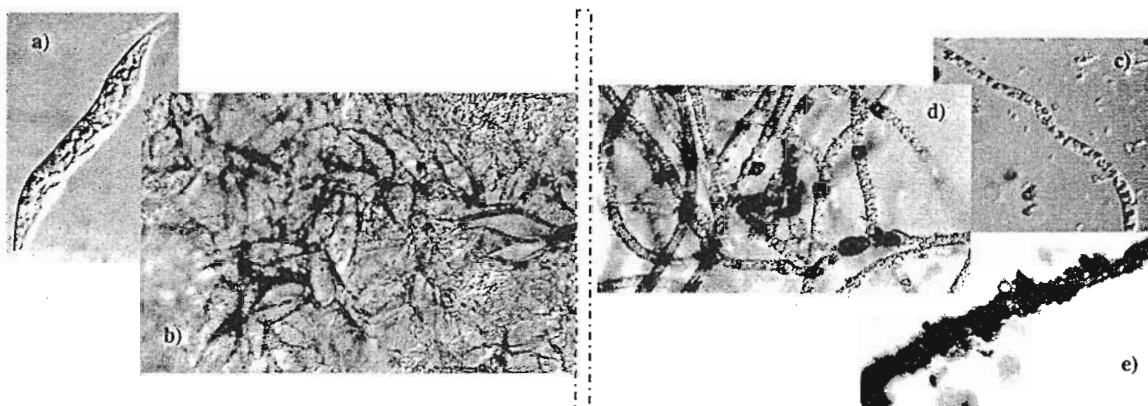


Fig. 4 – Algas fotossintéticas mais abundantes. a) *Euglena mutabilis* (ampliação = 209x); b) aglomerado alveolar de *Euglena mutabilis* em muco ferruginoso (ampliação = 209x); c) filamento de *Klebsormidium* (ampliação = 214x); d) aglomerado de *Klebsormidium* evidenciando zonas com depósito ferruginoso (ampliação = 170x); e) filamento de *Klebsormidium* completamente ferruginizado (ampliação = 154x).

Após cerca de 20 anos do abandono da exploração, continua evidente a degradação da qualidade ambiental.

No entanto, algumas das neoformações mineralógicas, em especial as couraças ferralíticas, expressam uma tendência de evolução natural, no sentido da limitação dos halos de dispersão de impacte no sistema envolvente.

Esta tendência também se manifesta na superfície das escombeiras através da colonização vegetal lenta,

#### Minas do Cerquido e Chã do Virialho

Da actividade extractiva no Cerquido resultaram escombeiras pouco volumosas dispersas ao longo do afloramento da Zona de Cisalhamento Argas-Cerquido (com sulfuretos e mineralização aurífera) (GOMES, 1995).

As características das escombeiras são determinadas pelo carácter rudimentar da exploração e do tratamento

| ESTRATO ARBÓREO       |   | ESTRATO ARBUSTIVO          |   | ESTRATO HERBÁCEO              |   |
|-----------------------|---|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| <i>Pinus pinaster</i> | A | <i>Cytisus striatus</i>    | A | <i>Agrostis sp.</i>           |   |
| <i>Betula alba</i>    |   | <i>Genista florida</i>     |   | <i>Briza sp.</i>              | A |
| <i>Salix sp.</i>      | F | <i>Erica arborea</i>       |   | <i>Holcus lanatus</i>         |   |
| <i>Quercus sp.</i>    | R | <i>Ulex minor</i>          | F | <i>Ornithopus perpusillus</i> |   |
|                       |   | <i>Erica ciliaris</i>      |   | <i>Andryala integrifolia</i>  | F |
|                       |   | <i>Cistus psilosepalus</i> | R | <i>Leontodon taraxacoides</i> |   |
|                       |   |                            |   | <i>Pteridium aquilinum</i>    | R |

Fig. 5 – Composição florística básica de uma das áreas parcialmente revegetada da escombeira de Valdearcas. A – Abundante; F – Frequente; R – Rara.

dos minérios. O material foi sujeito a simples fragmentação, produzindo rejeitados com granularidade e composição relativamente heterogêneas. A variabilidade composicional e dimensional dos fragmentos de estéril determinou a evolução em escombros. O modelo de neoformação que se esboça nestas escombreliras evidencia nucleações selectivas em função do tipo de fragmento estéril que serve de base (Fig. 6). Surgem como extremos de estabilidade, os sais iniciais de tipo pulverulento (de que é exemplo a rooseveltite), solúveis em condições de

A reabilitação natural das escombreliras ocorre lentamente, uma vez que a granulometria dos estéreis e a ausência de argilização têm dificultado a fixação de vegetação. A sua composição florística expressa a diferenciação das características ambientais, nomeadamente mineralógicas das escombreliras dispersas ao longo da zona de cisalhamento. Por exemplo, na escombrelira do Fulão, uma das mais volumosas e com maior diversidade mineralógica, a estrutura da vegetação sugere uma ocupação incipiente de tipo monoespecífica (urzes de



Fig. 6 – Modelo de evolução paragenética dos produtos de neoformação representado pelo marcador arsenato.

lixiviação, e por outro lado, as coureaças scorodíticas, em equilíbrio com as condições actuais das escombreliras.

Os minerais de neoformação (arsenatos, sulfatos, óxidos e hidróxidos) discriminados em Valente *et al.* (1999) constituem em geral um meio de controlar a formação de soluções lixiviantes ácidas e a mobilidade de metais (Fe, Zn, Cu, As e Pb), pelo que não se colocam problemas significativos de contaminação aquática. Apresentam-se na Tabela II os resultados de uma caracterização expedita da drenagem, efectuada em período de pluviosidade intensa.

pequeno porte). Nas restantes escombreliras o cortejo florístico é também pouco diversificado, com dominância por parte da espécie herbácea *Agrostis delicatula*.

A mina de Chã do Virialho (volframite e sulfuretos em ganga quartzosa) corresponde a um contexto paragenético semelhante. Distingue-se pela menor abundância de sulfuretos. Esta característica composicional, juntamente com a homogeneidade dimensional dos estéreis (mais finos) e conseqüente porosidade do acumulado, contribuíram para a fixação de vegetação. Embora as escombreliras sejam mais volumosas, verificou-se uma revegetação mais fácil dos seus taludes. Actualmente apresentam cobertura vegetal praticamente completa.

| Parâmetros            | Saída de galeria | Escorrência superficial |
|-----------------------|------------------|-------------------------|
| pH                    | 4.4              | 4.7                     |
| Condutividade (µS/cm) | 36               | 22                      |
| Temperatura (°C)      | 12.9             | 11.7                    |
| Eh (mV)               | 429              | 423                     |
| Sulfato (mg/l)        | < 1              | –                       |

Tabela II – Caracterização expedita da drenagem nas minas do Cerquido.

### Mina dos Carris

A peculiaridade deste local deriva do estatuto de área protegida em que se encontra, o Parque Nacional Peneda – Gerês (PNPG).

As escombreliras dos Carris estão distribuídas por três áreas principais, onde se acumulam estéreis com diferentes proveniências. As manifestações de impacte observam-se sobretudo junto de escombreliras mais enri-

quecidas em sulfuretos nas imediações das lavarias, e na Corga da Lamalonga, onde está acumulado o principal volume de estéreis finos que sofreu transporte no sistema fluvial do rio Cabril. O colapso das barragens de retenção construídas a jusante da lavaria e o consequente deslocamento de estéreis geraram as acumulações distais que constituem a alteração paisagística mais expressiva, desencadeada pela actividade mineira na área.

A partir da análise dos diferentes materiais geológicos o sistema pode considerar-se tendente para o equilíbrio anterior à instalação mineira. Os efeitos da drenagem ácida e sulfatada têm halos de dispersão limitados, que se dissipam nas proximidades das instalações mineiras abandonadas. No que respeita às acumulações distais – Corga da Lamalonga – a sua evolução temporal é apreciada a partir de foto interpretação e apresenta-se na Figura 7. Observa-se no período em apreço, uma tendência efectiva de diminuição da magnitude do deslocamento de estéreis. A zonografia actual da estabilização sugere a contracção das áreas de deslocamento activo, que decorre em correlação com o progresso da fixação dos materiais não consolidados, promovida pela colonização vegetal.

O sistema, Mina dos Carris – Rio Cabril foi proposto para monitorização, como indicador da qualidade ambiental no PNPG, na medida em que o atravessa transversalmente numa das suas porções mais características e sujeitas ao estatuto de protecção mais restritivo (VALENTE *et al.*, 2000). O impacte actual associado a este local chave, pode ser entendido como padrão do máximo desequilíbrio nesta área protegida.

## 2.2. Exploração de rochas e massas minerais

Em Ponte de Lima existem numerosas pedreiras de pequena dimensão e desmonte artesanal instaladas sobre o maciço granítico de Santo Ovídio. Este local é representativo da degradação ambiental gerada pela inexistência de protocolos de ordenamento da actividade extractiva, o que permite a proliferação e dispersão caótica de pedreiras sobre um dado maciço (ROCHA *et al.*, 1999). O foco de impacte decorre dos desmontes propriamente ditos, os quais raramente são efectuados nas melhores condições geotécnicas. É o caso da existência de frentes de desmonte subverticais com cerca de 20 m de altura e a proliferação de pequenas áreas de extracção superficial intermitente e sem plano de lavra organizado. Existem também diversas pedreiras abandonadas, que não foram sujeitas a plano de recuperação paisagística. Em condições de escorrência torrencial é de prever a contaminação de linhas de água provocada pelo arraste de finos e condições de dissolução/lixiviação anómalas (ROCHA *et al.*, 1999). No entanto as agressões ambientais

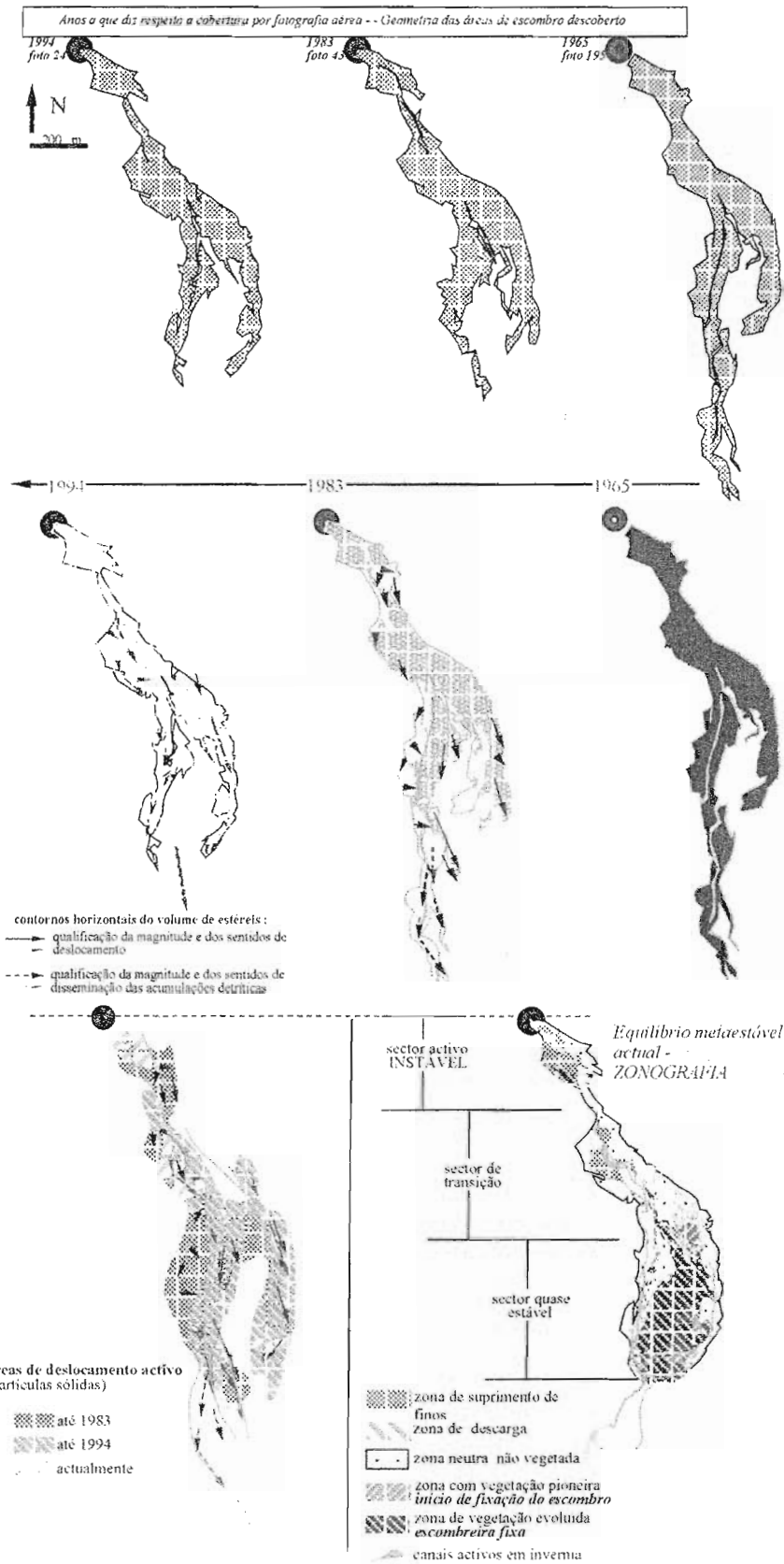
manifestam-se essencialmente ao nível da alteração morfológica do terreno, pela depreciação das reservas de material explorável e pela depreciação da superfície, no que respeita à remoção do solo e da cobertura vegetal. O mesmo se passa no núcleo de pedreiras de Ponte da Barca, assinalado na tabela I, onde as pedreiras abandonadas, sem recuperação adequada, servem de local de despejo de lamas provenientes das saibreiras actualmente em exploração na área.

No que respeita à exploração de rochas graníticas, a modificação morfológica e a penalização das reservas, são caracterizáveis através do índice de desgaste do maciço. Este parâmetro foi proposto em ROCHA *et al.* (1999) como sendo o indicador de qualidade ambiental mais adequado, num volume de maciço sujeito a uma miríade de pequenas intervenções.

## 3. Revalorização e reabilitação da qualidade ambiental

No âmbito da reabilitação de áreas mineiras e da gestão de resíduos podem ser equacionadas diversas formas de reaproveitamento dos recursos. Estas são determinadas pelas características peculiares de cada intervenção, pelo tipo de jazida e pelas propriedades dos materiais mobilizados. Os locais chave apresentados constituem também padrões de solução do I.A. já estabelecidos ou apenas equacionados. As soluções enquadram-se em vários domínios:

- a) Aproveitamento do interesse patrimonial dos vestígios da actividade mineira passada (cortas, poços e galerias de fácil acesso); Ex: minas dos Carris.
- b) Valorização patrimonial de paragénese raras presentes em alguns afloramentos; Ex: mina da Cabração e pedreiras de Ponte da Barca (Locais de Interesse Arqueológico-mineiro – LIG I – e Locais de Interesse Mineralógico – LIG m – conforme proposto por LIMA (1996) e LIMA *et al.* (1998).
- c) Reabilitação do interesse económico, via aproveitamento dos recursos de materiais de apetência cerâmica – reciclagem ou eliminação das escombrelas; Ex: Minas da Cabração/Depósito do Lourinhal.
- d) Utilização dos desmontes como destino final de resíduos de natureza diversa, incluindo resíduos de actividade extractiva; Ex: Pedreiras de Ponte da Barca.
- e) Utilização de materiais de escombrela na pavimentação de estradas e caminhos.





Nos três primeiros casos as soluções apresentadas podem conduzir a uma efectiva reabilitação e revalorização dos sistemas afectados.

No caso da mina da Cabração, as perspectivas de reabilitação ambiental equacionam-se quer a montante, quer a jusante do foco promotor de desequilíbrio – barragem de finos (1.ª barragem) que colapsou – em relação com a regeneração do interesse mineiro.

A montante, a reabilitação passa pela regularização topográfica, que é imposta pelo próprio processo extractivo. O desmonte do pegmatito irá eliminar poços abertos e galerias resultantes de trabalhos antigos, e que estão actualmente em colapso. A jusante, no depósito do Lourinhal, esboça-se como resultado da extracção dos triturados quartzo-feldspáticos a reabilitação da capacidade útil da albufeira. Portanto, para além da eliminação da escombreira, concretizada através do aproveitamento económico dos resíduos da actividade mineira passada, a intervenção prevista desencadeia outras potencialidades de usufruto do território. Estas relacionam-se em particular com o aproveitamento das reservas de água de boa qualidade, armazenáveis na albufeira do Lourinhal (a simulação efectuada sugere a formação de um plano de água com o volume máximo de 150 000m<sup>3</sup>).

As restantes situações exigem uma maior ponderação. Por exemplo no caso das pedreiras referidas na situação d) o enchimento dos céus abertos abandonados com lamas provenientes de saibreiras vizinhas em actividade é uma intervenção que num quadro de planeamento deveria ser motivadora de reflexão a diferentes níveis. A prévia caracterização físico-química e mineralógica dos resíduos, bem como a avaliação da sua reactividade, do comportamento dos lixiviados e das potencialidades de revegetação das acumulações resultantes são medidas primordiais para a salvaguarda da qualidade ambiental, nomeadamente dos sistemas fluviais receptores da drenagem destas áreas. Para além destes aspectos, tais intervenções inviabilizam o acesso ao pegmatito, com consequências quer ao nível da penalização de eventuais reservas, quer da salvaguarda de objectos geológicos,

com eventual interesse patrimonial (ex: paragénese raras).

No caso particular da escombreira de Valdarças, a tentativa de utilização do escombro na pavimentação de estradas e caminhos revela-se desastrosa, devido à forte reactividade dos estéreis portadores de sulfuretos metálicos. A concretização desta medida, para além de incrementar a instabilidade física e consequentemente química da escombreira, significa a dispersão do foco de contaminação ácida e metálica.

#### **4. Tipologia de impacte ambiental – Padrões de qualidade ambiental nas intervenções extractivas do Minho**

Na Figura 8 apresenta-se uma síntese dos padrões de impacte com a sua localização e qualificação da magnitude dos efeitos.

A lavra mineira está paralisada nas explorações de minérios metálicos. Aqui os principais focos de impacte são as escombreiras, a partir das quais se desenvolvem fenómenos típicos de contaminação ácida. O efeito mais penalizante da qualidade ambiental é a degradação dos sistemas fluviais receptores da drenagem.

O sector de exploração de minerais industriais (cerâmicos) e de rochas graníticas revela um crescimento efectivo que no entanto não é acompanhado de medidas de salvaguarda da qualidade ambiental nas áreas que afecta. Os principais focos de impacte estão associados às operações de desmonte. As manifestações mais expressivas, pela sua irreversibilidade, dizem respeito às modificações morfológicas e à diminuição do valor estético da paisagem. Mas a actividade extractiva também pode desencadear impactes positivos e ser motivadora de revalorização. Exemplo desta situação é a reabilitação paisagística associada à lavra mineira que se prevê vir a incidir sobre os depósitos de materiais cerâmicos da Cabração (através da regularização da superfície no depósito primário) e do Lourinhal (através da extracção e reutilização dos triturados estéreis).

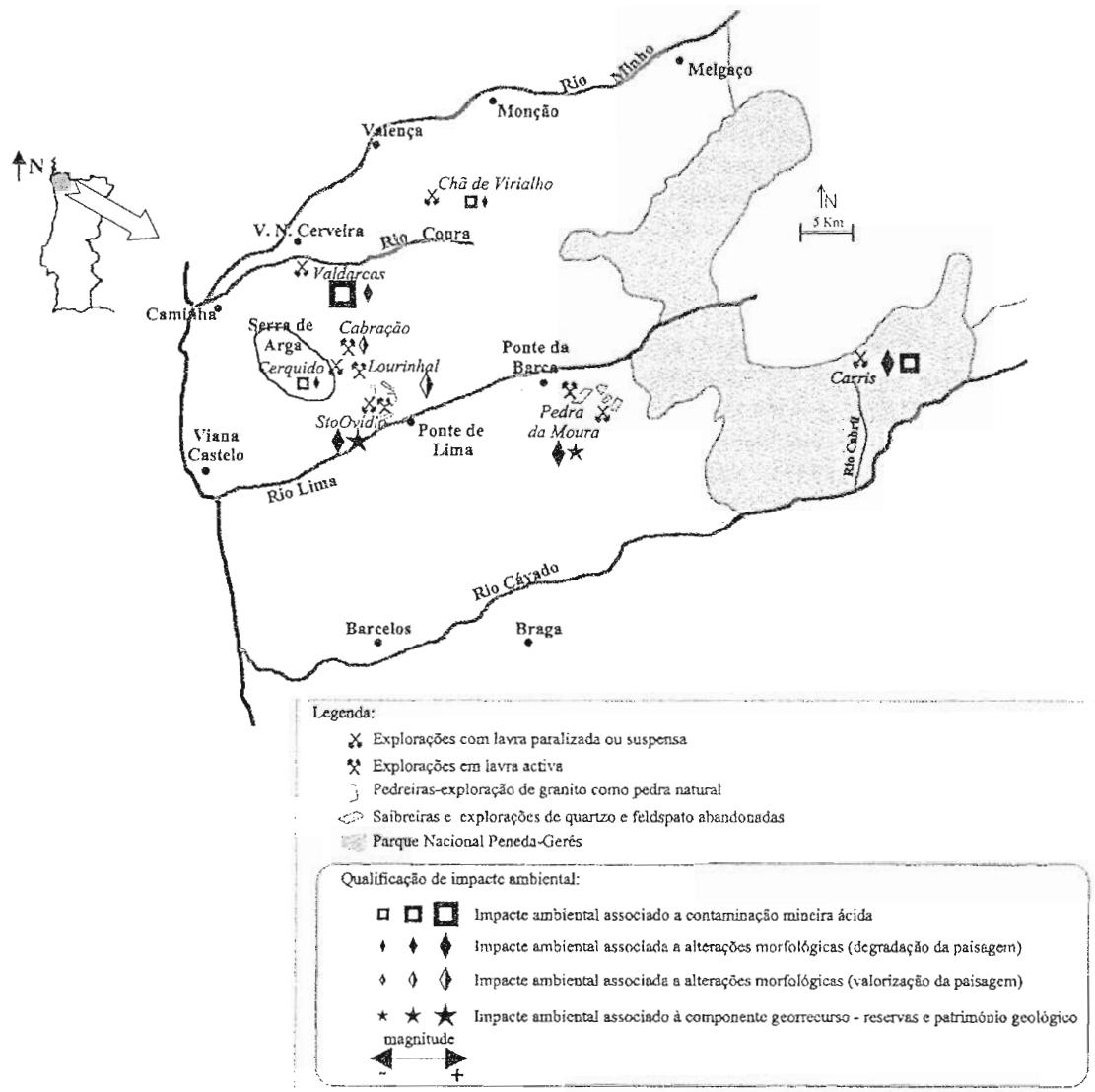


Fig. 8 – Qualificação do impacto ambiental associado à actividade extractiva (locais chave e padrões de impacto).

## Referências

- BIGHAM, J. M.; SCHWERTMANN, U.; TRAINA, S. J.; WINLAND, R. L.; WOLF, M. (1996) – Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters. *Geoch. And Cosmoch. Acta.*: 2111-2121.
- GOMES, C. L. (1995) – Discriminação do espectro de recursos base associados à evolução granítica residual no campo filoniano de Arga – Minho – N Portugal. *Estudos, Notas e Trabalhos*, 37: 59-86.
- GRAY, N. F. (1998) – Acid mine drainage composition and the implications for its impact on lotic systems. *Wat. Res.*, 32 (7): 2122-2134.
- LIMA, M. F. (1996) – Itinerários Geológicos do Alto-Minho – estudo de locais de interesse geológico. *Tese de mestrado, Univ. Minho*, Braga, 215 pp.
- LIMA, M. F.; LEALGOMES, C. L. (1998) – Locais de interesse para a arqueologia mineira do Alto Minho (N de Portugal). Estado actual – métodos de caracterização e estratégias de aproveitamento. *Cad. Lab. Xeológico de Laxe*, 23: 89-99.
- MORENO, F.; FERREIRA DA SILVA, E.; REIS, A. P.; PATINHA, C.; CARDOSO FONSECA, E. (1997) – Impacto ambiental de uma mina abandonada na qualidade da água superficial: o exemplo da mina do Pintor. *Actas da X Semana de Geoquímica/IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, Braga: 479-482.
- NUNES, F.; LEITÃO, J.; DINIZ, P.; COELHO, P. (1995) – Efluentes mineiros e protecção do meio hídrico – barragem de rejeitados das pirites alentejanas. *Recursos hídricos*, 16: 7-20.
- PEREIRA, E. G.; MOURA, F.; MOURA, I.; COSTA, J. R.; MAHONY, J. D. (1993) – Mina de S. Domingos: Contaminação por metais pesados.

- dos na albufeira do Chainça pela descarga de uma antiga mina de pirites ferro-cupríferas – I – análise preliminar da qualidade da água. *Gaia*: 18-27.
- ROCHA, A. P. L.; VALENTE, T.; ALVES, C. A. S.; LEAL GOMES, C. (1999) – Qualificação do impacte ambiental através do desgaste de maciço. Consequências para o ordenamento da actividade extractiva no maciço de Santo Ovídeo (Ponte de Lima – N de Portugal). *1.º Simp. Int. da Pedra Natural na Construção*. Lisboa, 17-18 de Maio. (Ed. Em CD).
- SANTOS OLIVEIRA, J. M.; ÁVILA, P. F. (1995) – Avaliação do impacto químico ambiental provocado por uma exploração mineira. Um caso de estudo na mina de Jales. *Estudos Notas e Trabalhos, IGM*, 37: 25-50.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C. (1995) – “Fixação de elementos por neoformações mineralógicas supergénicas na escombreira da mina de Valdarcas – N Portugal”. *Memórias n.º 4, IV Congresso Nacional de Geologia*, Porto, pp. 211-215.
- VALENTE, T. (1996) – Evolução de sistemas actuais desequilibrados por intervenções extractivas – Exemplos do Minho. O couro mineiro de Valdarcas. *Tese de mestrado, Univ. Minho*, Braga, 202 pp.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C. (1998) – Tipologia e evolução dos materiais de neoformação supergénica detectados na escombreira da mina de Valdarcas (Vila Nova de Cerveira – N. Portugal) – Implicações Ambientais. *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, 23: 43-57.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C. (1999) – Discriminação das neoformações mineralógicas supergénicas da escombreira do Fulão Cerquido – encosta oriental da Serra de Arga, Minho, Norte de Portugal. *Actas do II Congresso Ibérico de Geoquímica/XI Semana de Geoquímica*, Lisboa, 14-17 de Junho: 91-94.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C.; LIMA, M. F. (2000) – Relatório sectorial: Avaliação de índices geológicos da qualidade ambiental – Indicador transversal – Sistema fluvial do rio Cabril. *Relatório inédito a incluir nos estudos de caracterização regional levados a cabo pela associação Adere Gerês*, 26 p.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C. (2001a) – Análise comparada de efluentes mineiros em sistemas parageneticamente diferenciados – N Portugal. *Actas da VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa/XII Semana de Geoquímica*, Faro, 9 a 12 de Abril: 531-535.
- VALENTE, T.; LEAL GOMES, C.; TRABULO, L. C. (2001b) – Reabilitação da qualidade ambiental em gestão de recursos minerais – A área chave da Cabração – Lourinhal (Ponte de Lima, N Portugal). *Actas da VII Conferência nacional sobre a qualidade do ambiente*, 18 a 20 de Abril: 339-345.
- WEBSTER, J. G.; NORDSTROM, D. K.; SMITH, K. S. (1994) – Transport and natural attenuation of Cu, Zn, As and Fe in the acid mine drainage of Leviathan and Bryant Creeks. *In Environmental Geochemistry of sulfide oxidation*, Ed. Charles, Alpers and David Blowes, ACS Symposium Series 550, 681 pp.