

# O reordenamento da actividade extractiva como instrumento para o planeamento regional: Vila Viçosa, Portugal

P. Falé, P. Henriques, C. Midões y J. Carvalho

INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Departamento de Prospecção de Rochas e Minerais Não Metálicos  
Estrada da Portela, Apartado 7586, 2720-866 ALFRAGIDE (Portugal)  
E-mail: patricia.fale@ineti.pt

## RESUMO

O Anticlinal de Estremoz-Borba-Vila Viçosa, situado em Portugal na região do Alentejo, está integrado na denominada Zona dos Mármore e é o grande centro da actividade extractiva dos mármore. Esta zona tem características excepcionais de exploração mineral. No entanto, existem alguns condicionalismos geológicos, uma desorganização do espaço devido ao material não comercializado e acumulado em escombros, e a preocupação cada vez maior na exploração sustentada deste tipo de recurso mineral, fazendo desta zona uma área preferencial para o estudo de metodologias que auxiliem o reordenamento do sector extractivo. Tendo em mente a necessidade de compatibilização da actividade mineira com a preservação ambiental nas políticas de ordenamento territorial, este trabalho visa apresentar alguns indicadores geológicos e ambientais, imprescindíveis a um reordenamento das explorações de mármore permitindo a melhoria do uso e organização do espaço, a protecção do ambiente e o aumento da qualidade de vida.

Palavras-chave: indicadores ambientais, indicadores geológicos, ordenamento do território, rochas ornamentais, Sistema de Informação Geográfica

## ***The re-planning of the quarrying activity as a tool for regional planning: Vila Viçosa, Portugal***

### ABSTRACT

*The Estremoz Anticline, located in the Portuguese region of the Alentejo, is integrated in the so called Marbles Zone, and the largest national centre for marble extractive activities. The disorder of the area with non-commercialized material and accumulated in dumps and the necessity for supported exploitation of this type of resource, makes this zone a preferential area to study methodologies that will assist in planning for the mining industry. The importance of this deposit concerns not only geological, mining and economical advantages but also the aggregate aquifer system which is responsible for the water supply to agricultural and industrial activities and mainly for assuring the public water supply of five districts. Bearing in mind the necessity of compatibilization between the mining activity and the environmental preservation within policies of territorial management, this work presents some geological and environmental indicators as a support in the planning for the marble quarries. This will allow land use improvement, area organization, environment protection and life quality improvement.*

*Key words: environmental Indicators, Geographic Information System, geological indicators, land use planning, ornamental stones*

## Introdução

O conceito e as políticas públicas de ordenamento do território surgiram nos anos 50 do século XX como uma procura genérica de uma racionalidade no uso do território em função da sua aptidão. Têm sofrido diversas evoluções perante objectivos específicos e, hoje em dia, andam a par, de modo indissociável, com os conceitos e políticas de desenvolvimento sustentável. Neste quadro, surge a

problemática da compatibilização da indústria extractiva com a preservação do meio ambiente e, concomitantemente, a necessidade da sua integração nos planos de ordenamento do território como forma de salvaguardar os recursos geológicos, assegurando ao mesmo tempo a sua disponibilização à sociedade.

Um caso paradigmático em Portugal, em que se têm vindo a desenvolver esforços na aplicação dos conceitos de desenvolvimento sustentável à indústria

extractiva e na sua integração no ordenamento do território, é a região que em termos geológicos é conhecida por Anticlinal de Estremoz, cerca de 200 km a Este de Lisboa (figura 1). Esta região tem vindo a ser alvo de exploração de mármore para fins ornamentais desde os tempos da ocupação da Península Ibérica pelo Império Romano. No entanto, só em tempos bem mais recentes, por meados do século XX, essa actividade sofreu um forte incremento, em grande parte desregrado, do qual resultou um importante passivo ambiental que se tem vindo a acumular até aos dias de hoje.

Perante estes constrangimentos, mas tendo em conta a importância socio-económica da exploração dos mármore, foi implementado na região um Plano Regional de Ordenamento do Território (PROZOM, Resolução do Conselho de Ministros nº93/2002). Nele consta a delimitação de 5 unidades de ordenamento (UNOR) respeitantes aos principais núcleos de exploração. Devido à complexidade geológica da jazida de mármore em causa, essas unidades têm

vindo a ser alvo de estudos geológicos detalhados, com o principal objectivo de servir de suporte a um adequado planeamento da actividade extractiva no interior dessas UNOR, contribuindo assim para o ordenamento do território a nível local.

Com base nos trabalhos realizados por Vintém *et al.* (2003), este texto pretende ilustrar como a informação geológica e ambiental pode ser utilizada sob a forma de indicadores, como um método de suporte ao reordenamento da actividade extractiva e concomitantemente ao planeamento regional. Apresentam-se os resultados obtidos para a UNOR 3 (Vigaria - Monte d'El Rei), uma das principais áreas de exploração de mármore no concelho de Vila Viçosa e no Anticlinal de Estremoz.

### O anticlinal de Estremoz - enquadramento geológico

O Anticlinal de Estremoz (figura 1) engloba unidades geológicas que se distribuem, em termos de idade,

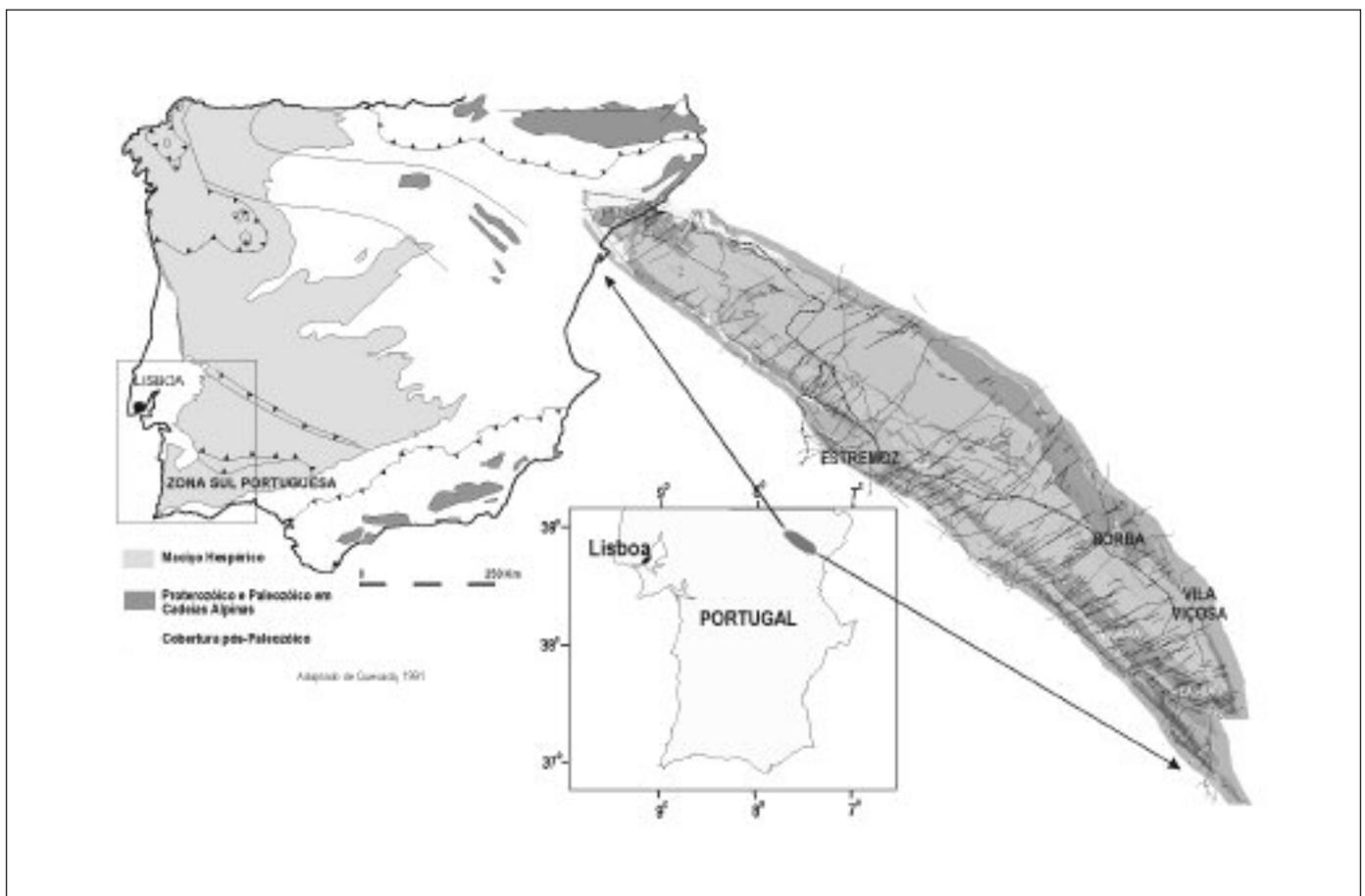


Fig. 1. Enquadramento do Anticlinal de Estremoz  
Fig. 1. Geological setting of the Estremoz Anticline

desde o Precâmbrico ao Silúrico. No seu conjunto constituem uma subunidade tectono-estratigráfica do território português, enquadrada numa outra, de maiores dimensões e de âmbito pan-europeu, conhecida por Zona de Ossa Morena - uma das principais unidades tectono-estratigráficas do orógeno hercínico que se desenvolveu entre o Devónico e o Carbónico (Ribeiro *et al.*, 1979; Oliveira *et al.*, 1991).

Os mármoreos sujeitos a exploração no Anticlinal de Estremoz integram-se no Complexo Vulcano - Sedimentar Carbonatado de Estremoz (Oliveira *et al.*, 1991), enquadrado na base por uma Formação Dolomítica datada do Câmbrio e, no topo, por rochas xistosas com intercalações lidíticas, datadas do Silúrico.

Trabalhos geológicos do final da década de 90 do século passado, publicados pelo Instituto Geológico e Mineiro à escala 1/10 000 (Moreira e Vintém, 1997), puseram em realce os mármoreos com interesse económico, subdividindo-os pela cor em dois tipos: mármoreos escuros (com as designações comerciais Ruivina e Azul) e mármoreos claros (Branco, Creme e Rosa). Estes mármoreos estão frequentemente afectados por fenómenos de dolomitização secundária, responsável pela sua transformação noutro tipo litológico, vulgarmente conhecido por "olho-de-mocho", sem interesse ornamental. Este fenómeno pode ocorrer até grandes profundidades, tendo já sido observado a centenas de metros de profundidade, em sondagens, o que é um importante factor a ter em conta no planeamento das explorações, quer a céu aberto, quer subterrâneas.

### **O ordenamento do território na zona dos Mármoreos**

A região do território português abrangida pela estrutura Anticlinal de Estremoz, onde se verifica uma intensa actividade extractiva de mármoreos para fins ornamentais, é também conhecida por Zona dos Mármoreos. Muitas vezes esta designação tem um sentido mais restrito, reportando-se basicamente à região a Sudeste da cidade de Estremoz, onde existe a maior concentração de unidades produtivas e de transformação, mais concretamente, abrangendo os municípios de Estremoz, Borba, Vila Viçosa.

O forte incremento de produção que se verificou nesta região entre as décadas de 70 e 90 do século XX, realizado na maior parte dos casos sem um planeamento estratégico do uso do território, originou um elevado passivo ambiental e estrangulamentos ao normal prosseguimento da actividade, em termos de acessibilidade aos recursos.

Tal passivo traduz-se, fundamentalmente, por um desordenamento paisagístico causado pelas explorações (pedreiras) em si mesmas, muitas delas em situação de abandono, e por uma enorme acumulação de resíduos (escombros e lamas). As fotografias apresentadas na figura 2 ilustram algumas destas situações.

Perante tal problema, e dado o carácter estratégico regional desta actividade, tanto em termos económicos como sociais, o Estado Português promoveu em 1994 a elaboração de um estudo estratégico orientador da política de ordenamento territorial para aquela região, à luz dos conceitos de desenvolvimento sustentável. O resultado de tal estudo, finalizado em 1999, foi a publicação em 2002 de um documento com força de lei conhecido por PROZOM - Plano Regional de Ordenamento da Zona dos Mármoreos.

No PROZOM encontram-se definidas, na parte territorial abrangida pela Área Cativa da Zona dos Mármoreos (destinada à exploração de mármoreos pela Portaria n.º 441/90 de 15 de Junho, do Ministro da Indústria e Energia, nos termos do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março), 5 Unidades de Ordenamento (figura 4). Cada uma destas unidades abrange um ou mais núcleos de pedreiras e a sua delimitação teve em conta a intensidade com que se verifica a exploração de mármoreos e os diferentes graus de sensibilidade ambiental existentes na região, como sejam, entre outros, a proximidade a centros urbanos e vias de comunicação principais e a presença ou proximidade de importantes valores ecológicos e arqueológicos.

O PROZOM refere que as UNOR deverão ser alvo de planos de ordenamento específicos, nas quais as intervenções a realizar deverão ser de carácter integrado e global, preconizando para esse efeito a realização de estudos e planos de pormenor. Nesse âmbito, o INETI tem continuado a sua actuação na região do Anticlinal de Estremoz, através da realização de trabalhos de índole geológica e de caracterização ambiental de grande pormenor, nas áreas definidas para as UNOR, por forma a contribuir para os respectivos planos de pormenor. Foi necessário traçar os objectivos desta fase inicial de planeamento, aplicar metas e escolher indicadores, que serviram como princípios orientadores para a discussão da metodologia de reordenamento aqui apresentada.

### **Estratégia metodológica para o ordenamento da actividade extractiva**

A estratégia delineada para responder aos problemas



Fig. 2. Aspectos do passivo ambiental no Anticlinal de Estremoz  
*Fig. 2. Environmental aspects of Estremoz Anticline*

de ordenamento da região em causa engloba duas vertentes fundamentais: uma de carácter reactivo à situação existente e outra pró-activa. A primeira visa a caracterização da situação de referência dos centros produtores, com recurso à definição e selecção de indicadores relevantes em termos económicos, sociais e ambientais, com particular destaque para os indicadores de índole geológica e hidrogeológica porque são eles os mais relevantes face à actividade em questão e aos constrangimentos ambientais existentes. Com a segunda vertente pretende-se delimitar zonas com aptidão para a exploração e expansão da actividade extractiva, bem como zonas passíveis de serem aproveitadas para a implantação de pequenos pólos de apoio a esta indústria.

O recurso às novas tecnologias de informação, mais particularmente os SIG aplicados aos domínios do planeamento e análise espacial, têm demonstrado ser uma aposta ganha. É sobretudo nos espaços onde o manancial de informação assume grandes proporções, que os SIG se revelam imprescindíveis para o planeamento, dada a sua capacidade de armazenamento, organização, gestão, manuseamento, cruzamento e racionalização de grandes volumes de informação.

Para dar corpo às duas vertentes de trabalho mencionadas, estruturou-se um modelo SIG em quatro etapas, de acordo com o fluxograma apresentado na figura 5. A primeira etapa, conducente à elaboração de um Mapa de Risco



Fig. 3. Área de intervenção do PROZOM e Área Cativa (Fonte: Resolução do Conselho de Ministros nº 93/2002)

Fig. 3. Designated area for marble quarrying (Source: Resolução do Conselho de Ministros nº 93/2002)

Geo-económico, baseia-se na representação gráfica da informação relativa à aptidão do território para a produção de rochas ornamentais e que deriva de indicadores de índole geológica. Com a 2ª etapa pretende-se a elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental com base na representação gráfica da informação relativa à sensibilidade de indicadores ambientais, face aos impactos da indústria extractiva. O Mapa de Exclusão, correspondente à 3ª etapa, representa os constrangimentos legais existentes em termos de afectação territorial. Por fim, a 4ª etapa corresponde a um Mapa de Reordenamento como proposta de afectação do espaço territorial em função do cruzamento dos dados das etapas anteriores.

**Indicadores geológicos**

A indústria extractiva só se pode instalar onde está comprovada a existência de recursos, dependendo da geologia da região e, em particular, de algumas características geológicas específicas do recurso em causa, as quais vão viabilizar ou não a sua exploração. Assim, a definição de locais para a instalação ou desenvolvimento de uma determinada

actividade extractiva depende de um conjunto de indicadores de âmbito geológico, capazes de categorizar o território em função da sua aptidão para a produção de rochas ornamentais.

Nos últimos anos, alguns autores têm vindo a apontar genericamente as metodologias a adoptar em trabalhos de prospecção de rochas ornamentais bem como os principais aspectos a ter em conta para que um determinado tipo litológico possa eventualmente ser aproveitado para fins ornamentais (Casal Moura et al., 1995; Garcia, 1996; Langer 2001;

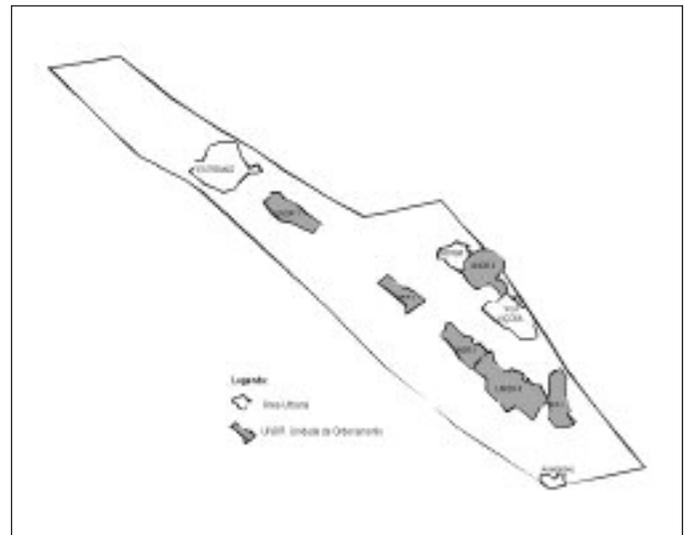


Fig. 4. Localização das Unidades de Ordenamento da Zona dos Mármore (Adaptado de Resolução do Conselho de Ministros nº 93/2002)

Fig. 4. Locations of the land use planning units (After Resolução do Conselho de Ministros nº 93/2002)

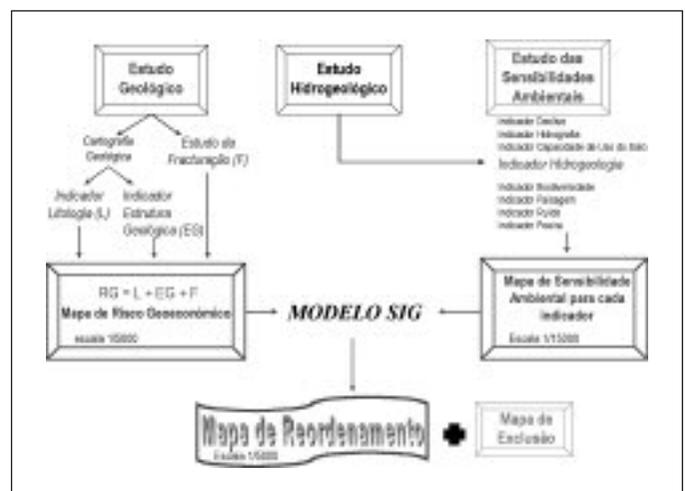


Fig. 5. Fluxograma do Modelo SIG para o Anticlinal de Estremoz  
Fig. 5. GIS model used in the study of Estremoz Anticline

Muñoz de la Nava *et al.*, 1989; Selonen *et al.*, 2000). Particular destaque tem sido dado aos aspectos estéticos (que incluem factores como a cor e a textura), durabilidade perante os agentes atmosféricos, resistência mecânica e térmica, composição mineralógica e fracturação do maciço rochoso.

No caso particular do Anticlinal de Estremoz, os indicadores geológicos mais representativos das especificidades relativas ao valor comercial das rochas, seu campo de aplicação e constrangimentos à sua exploração são: a *litologia*, a *estrutura geológica* e o *estado de fracturação do maciço rochoso*. No entanto, para outras regiões onde as especificidades geológicas sejam distintas, outros indicadores poderão ser definidos.

Os critérios utilizados na selecção das áreas, para cada um dos indicadores referidos, dependem do recurso mineral em estudo. Assim, no caso dos mármore, a relevância do *indicador litologia* assenta no facto de, em primeiro lugar, distinguir as regiões onde existe mármore das que não o têm. Em segundo lugar, permite classificar as regiões onde existe mármore em função do seu grau de pureza e cor. A análise da cartografia geológica, conjugada com o conhecimento geológico-mineiro adquirido acerca de toda a região, concorreu para a adopção de uma classificação dos mármore em *boa*, *média* e *má aptidão* para rocha ornamental, em função das suas características litológicas:

Boa aptidão	Mármore Rosa Mármore Branco e Creme
Média aptidão	Mármore Rosa, com algumas vergadas Mármore Branco e Creme, com algumas vergadas
Má aptidão	Mármore Branco e Creme, muito vergado Mármore Branco e Creme, brechificado Mármore Rosa, muito vergado Mármore Rosa, brechificado Mármore Negro / Azul

Todas as áreas em que não há ocorrência de mármore são classificadas *sem aptidão*.

Também em função do conhecimento geológico-mineiro adquirido, procedeu-se à parameterização numérica das classes de aptidão qualitativas anteriormente definidas, para o que se efectuaram várias simulações a fim de encontrar os valores que melhor as descrevem e que se apresentam na tabela 1.

Indicador	Referência	Classes	Valores
LITOLOGIA	(L)	Sem aptidão	20
		Má aptidão	5
		Média aptidão	3
		Boa aptidão	0

Tabela 1. Indicador Litologia e respectivas classes e valores  
*Table 1. Lithology indicator and respective classes and values*

No que respeita ao indicador *estrutura geológica*, a disposição das unidades litológicas é também factor condicionador da sua explorabilidade em termos de planeamento de lavra. Assim, da análise estrutural considerou-se relevante a avaliação da zona de estudo em função das seguintes estruturas:

- Zonas de charneira de dobra anticlinal
- Zonas de charneira de dobra sinclinal
- Zonas de flanco normal de dobra
- Zonas de flanco inverso de dobra
- Zonas de mármore dolomitizado de grão grosseiro, resultante do dobramento

A classificação deste indicador segundo as classes *boa*, *média* e *má aptidão* apresenta-se na tabela seguinte:

Boa Aptidão	- Camadas de atitude constante - Espessuras elevadas - Charneiras de dobras anticlinais - Ocorrência de mármore até profundidades elevadas
Média Aptidão	- Estratos inclinados em flanco normal - Espessura média
Má Aptidão	- Estratos bastante inclinados em flanco inverso - Espessura reduzida
Não Aplicável	- Locais onde não há ocorrência de mármore

Tabela 2. Classificação do indicador Estrutura Geológica  
*Table 2. Classification of the Structural Geology indicator*

Do mesmo modo que para o indicador *litologia*, os valores atribuídos às classes respeitantes à *estrutura geológica* resultaram de diversas simulações, tendo sido escolhidos aqueles que melhor parecem traduzir a realidade em função dos conhecimentos de campo, nomeadamente, no que respeita às explorações existentes e, em particular, nas características em comum relativamente a este parâmetro.

Indicador	Referência	Classes	Valores
ESTRUTURA GEOLÓGICA	(EG)	Não aplicável	20
		Má aptidão	10
		Média aptidão	5
		Boa aptidão	1

Tabela 3. Indicador Estrutura Geológica e respectivas classes e valores

Table 3. Structural Geology indicator and respective classes and values

O indicador *fracturação* é caracterizado com base na informação fornecida pelo tratamento geoestatístico, de acordo com a metodologia adoptada por Luís & Sousa, 1998. Os dados foram colhidos de forma representativa ao longo de toda a área em estudo, em pedreiras activas e inactivas e em sondagens, utilizando os intervalos definidos na análise da densidade linear de fracturação (que representa o número de fracturas por metro linear). A qualificação deste indicador em *zonas pouco, medianamente ou muito fracturadas* é a apresentada na tabela 4.

Indicador	Referência	Classes	Valores
FRACTURAÇÃO	(F)	Não aplicável	20
		Zona não estimada	6
		Zona muito fracturada	6
		Zona medianamente fracturada	4
		Zona pouco fracturada	2

Tabela 4. Indicador Fracturação e respectivas classes e valores

Table 4. Fracture indicator and respective classes and values

Uma vez que não foi possível recolher dados para a área total das UNOR, por inacessibilidade a algumas pedreiras ou inexistência de afloramentos, criou-se a classe "*zona não estimada*" atribuindo-se-lhe o mesmo peso da classe "*zona muito fracturada*". Apesar de não se terem estimado valores, estas áreas podem ser, na pior das hipóteses, caracterizadas como zonas muito fracturadas. A classe "*não aplicável*", tal como para os outros dois indicadores já descritos, é aquela que se usa para definir as zonas onde não existe mármore.

Realizada a ponderação para cada classe dos indicadores referidos anteriormente, cruzou-se toda a informação através da aplicação da fórmula seguinte recorrendo-se ao *Map Calculator* do *Software Arc View*:

$$\text{RISCO GEOECONÓMICO (RGE)} = L + EG + F$$

Deste modo, foi possível elaborar mapas capazes de caracterizar as diferentes susceptibilidades de aproveitamento económico dos mármore, apresentando-se na tabela 5 os intervalos definidos para a classificação das diferentes áreas.

RG <sub>i</sub>	DEFINIÇÃO
3 < RGE < 7	Baixo Risco Geoeconómico
7 < RGE < 12	Médio Risco Geoeconómico
12 < RGE < 21	Alto Risco Geoeconómico
21 < RGE < 60	Zonas sem interesse

Tabela 5. Intervalos definidos para o Risco Geoeconómico

Table 5. Intervals defined for Geoeconomic Risk

Em função da subjectividade inerente à interpretação geológico-estrutural, os limites dos intervalos definidos para o Risco Geoeconómico, resultam da soma das classes equivalentes dos diferentes indicadores podendo, no entanto, algum dos intervalos abarcar mais do que uma classe de forma a assegurar os resultados o mais próximo possível da realidade.

As zonas que correspondem às classes de baixo e médio risco geoeconómico são aquelas que preferencialmente serão usadas para a exploração do recurso, ou seja, para a abertura de novas pedreiras ou expansão das existentes. As zonas classificadas com alto risco são as que, em termos de litologia, estrutura e fracturação, apresentam características que não permitem um rendimento e exploração adequada do recurso. Assim, caso existam pedreiras inactivas nestas áreas dever-se-á estudar a hipótese de as recuperar, elaborando para tal um plano de requalificação ambiental. Por fim as zonas classificadas sem interesse para a exploração poderão vir a ser utilizadas como zonas de implantação de unidades de transformação e deposição de escombros, desde que não existam outro tipo de condicionalismos.

### Indicadores ambientais

Os indicadores ambientais pretendem, para além de caracterizar a área em estudo, dar a conhecer os impactes de uma actividade antropogénica sobre uma determinada área, neste caso concreto sobre a zona industrial dos mármore na região do Anticlinal de Estremoz. Assim, foi realizada a caracterização da situação de referência em termos ambientais, por



Fig. 6. Metodologia utilizada na elaboração do Mapa de Risco Geoeconómico

Fig. 6. Methodology used in the production of the Geoeconomical Risk Map

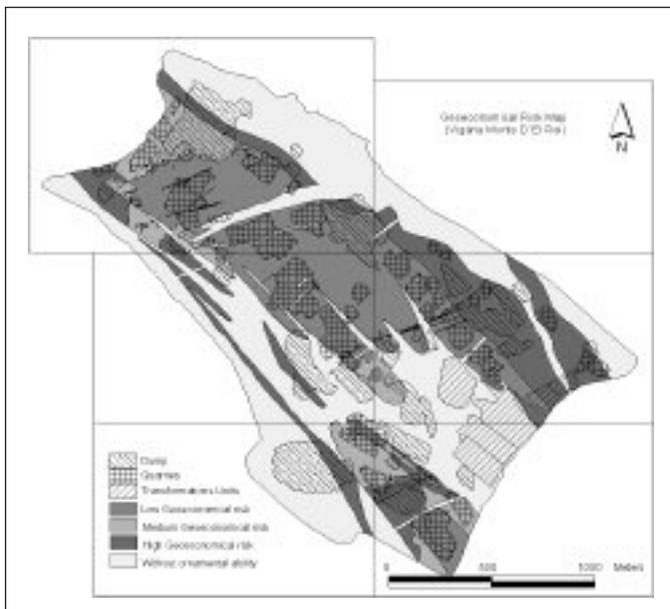


Fig. 7. Mapa de Risco Geoeconómico da UNOR 3 - Concelho de Vila Viçosa (redimensionado)

Fig. 7. Geoeconomical Risk Map UNOR 3 - Vila Viçosa

intermédio de indicadores biofísicos relevantes para áreas sob a influência da actividade extractiva de rochas ornamentais, no sentido de conhecer os eventuais efeitos que essa actividade possa sobre eles exercer. Deste modo, segundo critérios de significância em relação à indústria em causa, foram estudados os indicadores: vegetação/biótopos; declives; capacidade de uso do solo; hidrografia; paisagem; ruído, poeiras e hidrogeologia. Para cada um dos indicadores mencionados elaborou-se uma Carta de Sensibilidade Ambiental.

Uma das particularidades geológicas do Anticlinal de Estremoz, com impacto social e ambiental para além da indústria extractiva, é o facto de se tratar de um importante aquífero cársico (Cupeto 1991;

Midões 1999). Este aquífero constitui a principal fonte de abastecimento público de água aos cinco municípios da região, razão pela qual tem sido alvo de diversos estudos de âmbito regional particular destaque para os realizados por Cupeto (1991 e 2003), Midões (1999) e ERHSA (2000). Assim, considerou-se que os recursos hídricos subterrâneos são o valor ambiental mais importante a ter em conta para preservação.

### Indicador ambiental hidrogeologia

A caracterização Hidrogeológica da região em estudo baseou-se fundamentalmente em estudos hidrodinâmicos, hidroquímicos e na avaliação da vulnerabilidade hidrogeológica.

Uma das técnicas utilizada foi a prospecção geofísica, através do método electromagnético RF-EM (*Radio Frequency Electromagnetics*). Este método baseia-se na utilização de ondas de rádio de baixa frequência que permitem detectar anomalias electromagnéticas que podem corresponder a discontinuidades geológicas como falhas, contactos litológicos, condutas naturais de água subterrânea e paleocanais (Carvalho *et al.*, 1998). A utilização deste método no maciço carbonatado de Estremoz em conjugação com o reconhecimento geológico de superfície permitiu, tal como se observa na figura 8, identificar algumas dessas discontinuidades, como falhas, filões, fracturas e cavidades cársicas, possibilitando uma selecção criteriosa dos locais para execução de sondagens de prospecção hidrogeológica.

Nestas sondagens foram realizados ensaios de

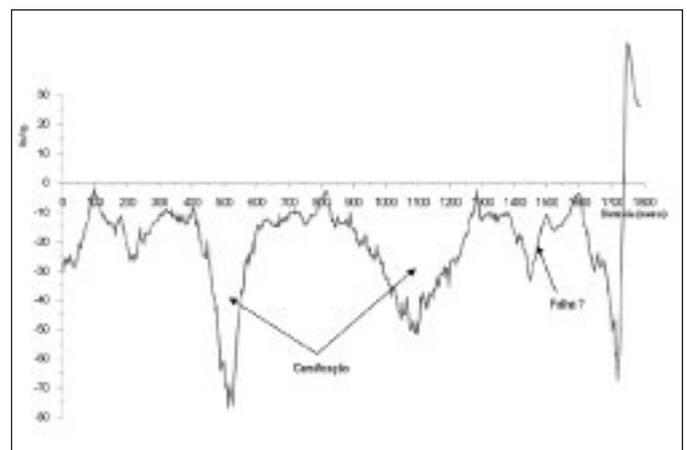


Fig. 8. Exemplo de um perfil RF-EM efectuado na UNOR 2  
Fig. 8. Example of a RF-EM line carried out at UNOR 2

bombagem com ar comprimido (*Air-Lift*) tendo-se estimado os valores de transmissividade do aquífero nos diferentes troços ensaiados. Os dados de transmissividade obtidos que variaram entre 0.5 e os 66 m<sup>2</sup>/dia, vêm corroborar o que já foi referido em trabalhos anteriores (Midões, 1999; ERHSA, 2000; Cupeto, 2003; Vintém *et al.*, 2003), ou seja, que existe uma elevada heterogeneidade deste sistema do ponto de vista hidráulico, sugerindo um funcionamento sectorizado por blocos mais ou menos independentes.

Neste estudo procedeu-se ainda à medição do nível piezométrico, que constitui uma variável muito importante para o conhecimento do funcionamento hidráulico dos aquíferos. A partir do conhecimento deste nível podemos tirar algumas ilações quanto ao sentido de fluxo, gradiente hidráulico, áreas de recarga e descarga e, assim, definir as áreas mais vulneráveis à poluição. Na área analisada, há que ter em conta a existência de variação piezométrica, provocada pela extracção de água subterrânea devido à exploração de rocha ornamental (Midões, 1999). A interpretação da piezometria realizada em cada UNOR permitiu determinar a tendência geral do sentido de fluxo da água subterrânea e prever o sentido de propagação de um eventual poluente derramado. Na UNOR 3 o escoamento subterrâneo faz-se de NNE para SSW, conforme demonstrado pela figura 9, acompanhando a tendência geral já conhecida, em direcção ao bordo do anticlinal de acordo com Midões (1999).

Uma vez que existe uma relação directa entre os recursos hídricos subterrâneos da região e os parâmetros litologia e estrutura geológica, (Vintém *et al.*, 2003) a análise da vulnerabilidade hidrogeológica obtida a partir dos dados de permeabilidade das formações permitiu constatar uma elevada vulnerabilidade para a região em estudo, em particular para as áreas onde se localizam as pedreiras. Assim, o indicador Hidrogeologia adoptado nesta metodologia pretende reflectir, a susceptibilidade do aquífero a eventuais contaminações, relacionadas com a actividade extractiva. Tal susceptibilidade é função das variações do nível piezométrico, pois é tanto maior quanto mais perto da superfície se encontrar o nível piezométrico. Tendo em conta as variações registadas, consideraram-se três classes de susceptibilidade hidrogeológica permitindo a elaboração do Mapa de Sensibilidade Ambiental para o descritor Hidrogeologia (figura 10):

- Muito Alta para níveis piezométricos acima da superfície,

- Alta para níveis piezométricos coincidentes com a superfície ou até 60 m de profundidade,
- Média Susceptibilidade para níveis piezométricos abaixo dos 60 m.

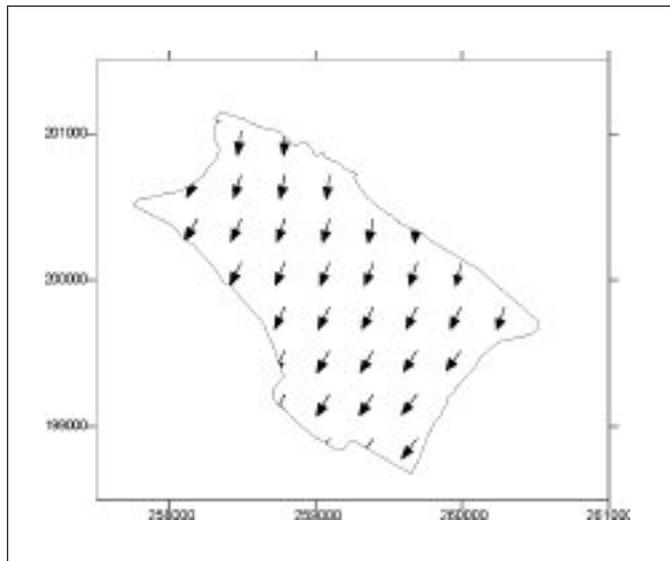


Fig. 9. Sentidos de fluxo da água subterrânea na UNOR 3. (Coordenadas M e P métricas)

Fig. 9. Flow directions of underground water at UNOR 3 (M and P metric coordinates)

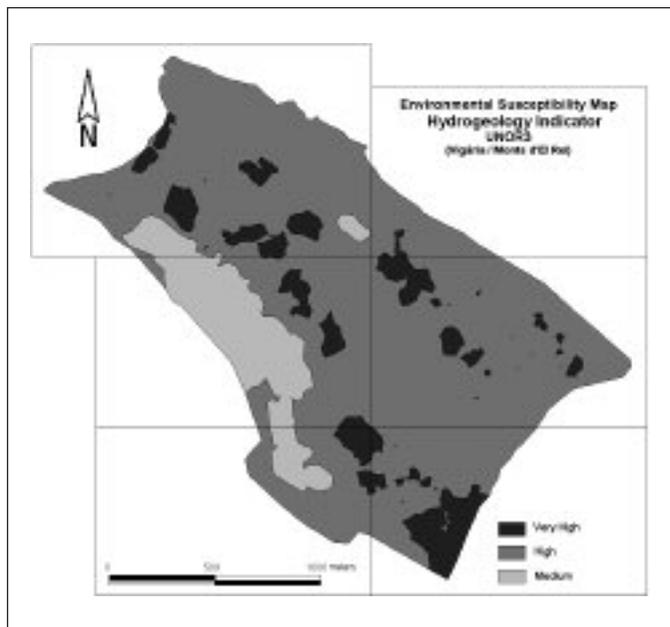


Fig. 10. Mapa de Sensibilidade Ambiental do Indicador Hidrogeologia da UNOR 3 - Concelho de Vila Viçosa (redimensionado)

Fig. 10. Environmental Susceptibility Map, Hydrogeology Indicator. Adaptado de/After Vintém *et al.* (2003)

### Proposta para o reordenamento da actividade extractiva

Com o objectivo último de obter um Mapa de Reordenamento das áreas estudadas, deve cruzar-se a informação do Mapa de Risco Geoeconómico com o Mapa de Sensibilidade Ambiental do Indicador ou indicadores com maior significância para a área em causa, de acordo com o mencionado no capítulo anterior. Para tal, a metodologia proposta baseia-se na construção de uma matriz que soma os valores das classes definidas no risco geoeconómico e no indicador ambiental, de acordo com a figura 11.

Este processo possibilita uma representação gráfica de áreas favoráveis ou desfavoráveis à exploração de rochas ornamentais, com ou sem condicionalismos ambientais, bem como de zonas sem aptidão para a exploração do recurso ornamental. No caso de existirem pedreiras abandonadas ou inactivas nas zonas sem aptidão, estas serão consideradas como passíveis de recuperação. As zonas sem interesse para a exploração e sem elevados condicionalismos ambientais poderão ser utilizadas para actividades complementares à indústria extractiva.

A aplicação destes conceitos ao caso concreto da UNOR 3, fazendo-se uso do indicador Hidrogeologia, pelas razões já apontadas, possibilitou a elaboração

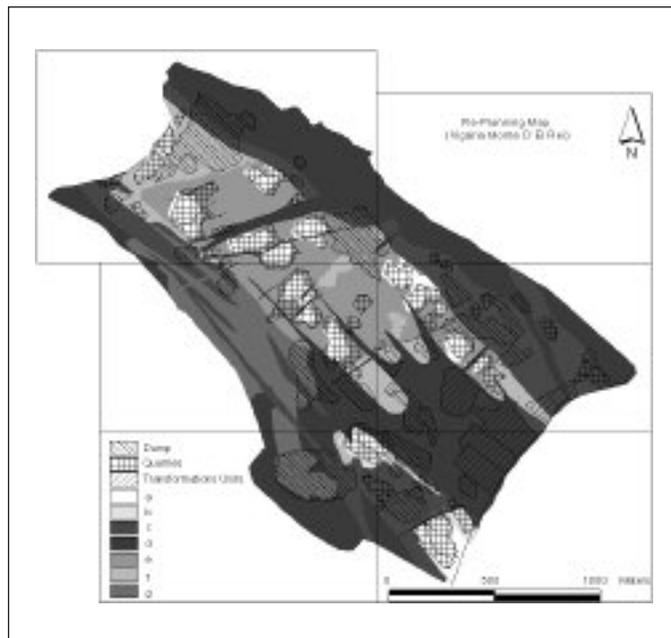


Fig. 12. Mapa de Reordenamento da UNOR 3 - Concelho de Vila Viçosa (redimensionado) (a. zonas favoráveis à exploração mas com altos condicionalismos hidrogeológicos; b. zonas favoráveis à exploração mas com condicionalismos hidrogeológicos; c. zonas medianamente favoráveis à exploração e com altos condicionalismos hidrogeológicos; d. zonas medianamente favoráveis à exploração e com condicionalismos hidrogeológicos; e. zonas desfavoráveis à exploração e onde existirem pedreiras são passíveis de ser recuperadas; f. zonas sem interesse para a exploração –outros usos possíveis mas com altos condicionalismos hidrogeológicos–; g. zonas sem interesse para a exploração –outros usos possíveis e médios condicionalismos hidrogeológicos–)

Fig. 12. *Re-Planning Map (UNOR 3)*. Adaptado de/After Vintém et al. (2003) (a. favourable exploitation zones with high hydrogeological constraints; b. favourable exploitation zones with hydrogeological constraints; c. reasonably favourable exploitation zones with high hydrogeological constraints; d. reasonably favourable exploitation zones with hydrogeological constraints; e. unfavourable exploitation zones with quarries for possible reclamation and stabilization; f. zones without exploitation interest –other possible uses but with high hydrogeological constraints–; g. zones without exploitation interest –other possible uses but with medium hydrogeological constraints–)

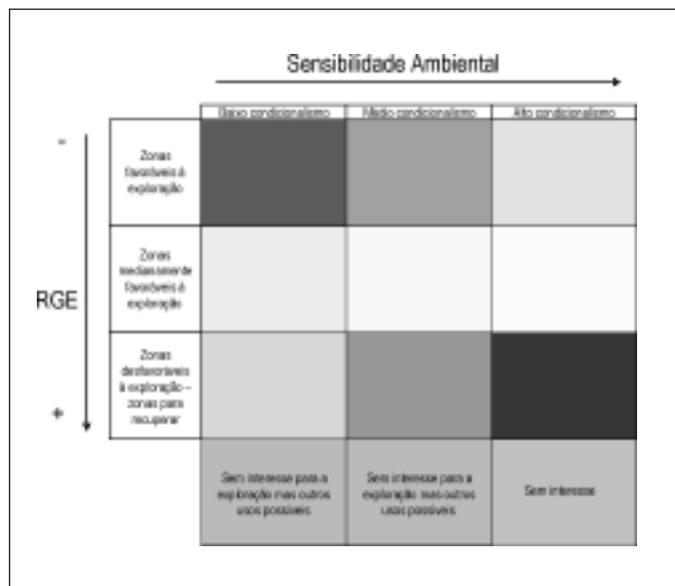


Fig. 11. Matriz para o Reordenamento da Actividade Extractiva. (As letras correspondem à legenda do Mapa de Reordenamento, da figura 11)

Fig. 11. *Re-planning matrix (the symbols correspond to the legend of the re-planning map shown in figure 11)*

do Mapa de Reordenamento que se apresenta na figura 12. No entanto, esta proposta metodológica aplica-se a qualquer indicador (ou conjunto de indicadores) que seja relevante para a área em estudo.

O reordenamento de uma zona de indústria extractiva passa, ainda, pela aplicação de perímetros de protecção onde, por lei, não pode existir actividade extractiva. Por aplicação destes critérios de exclusão, de acordo com o artigo 4º do Decreto-Lei 270/2001 de 6 de Outubro, deve elaborar-se um Mapa

de Zonamento de Exclusão à escala 1/15000, para cada núcleo produtor, no sentido de fornecer informação útil para a abertura de novas explorações ou alargamento de áreas de corta, a qual se irá sobrepor ao Mapa de Reordenamento.

### Considerações finais

O Ordenamento do Território deve ser entendido de uma forma prospectiva, onde o Planeamento Estratégico assume um papel fundamental para a prossecução do desenvolvimento sustentável das regiões. Assim, tendo em mente a necessidade de compatibilização da actividade mineira com a preservação ambiental nas políticas de ordenamento territorial, torna-se cada vez mais premente delinear uma estratégia para a elaboração de um sistema de Reordenamento da actividade extractiva pois, caso tal não se verifique, trará consequências graves, nomeadamente no aumento da conflitualidade entre a indústria extractiva, as áreas sensíveis e outras actividades económicas, podendo provocar condicionalismos no acesso aos recursos minerais e causando, por fim, o gradual estrangulamento do sector.

A proposta metodológica apresentada poderá ser a base de partida, não só para aumentar a competitividade da indústria extractiva na concorrência ao uso do solo, como servir igualmente de suporte à promoção da importância das matérias-primas (recursos minerais) nos instrumentos de ordenamento do território.

O esquema da figura 13 apresenta de forma resumida a proposta que aqui se descreve, a qual, constituindo uma ferramenta fundamental à tomada de decisão, poderá servir de base ao planeamento e ordenamento de qualquer área com exploração de rochas ornamentais.

Hoje em dia, com a implementação dos conceitos de desenvolvimento sustentável, embora a indústria extractiva venha dando sinais positivos de adaptação, tem-se também vindo a debater cada vez mais com dificuldades no acesso ao território. Esta questão da acessibilidade é um factor essencial para o desenvolvimento económico e social, já que esta actividade não é mais que um veículo para o suprimento das necessidades em recursos minerais de base, com vista à manutenção e desenvolvimento dos nossos padrões de vida. Hoje em dia e em particular para o continente europeu, a indústria extractiva tem que competir pelo espaço territorial com outras actividades e usos, como sejam a expansão urbana, áreas de preservação ambiental, agricultura, entre outras. Esta problemática só poderá

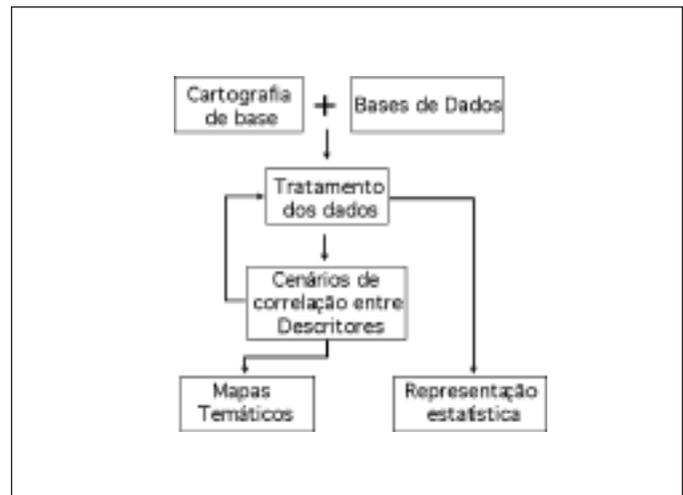


Fig. 13. Fluxograma resumido da proposta metodológica para o Reordenamento de áreas com explorações de rochas ornamentais Fig. 13. Chart of the proposed methodology for the re-planning areas of ornamental rock quarries

ser convenientemente resolvida no âmbito do ordenamento do território através de um adequado conhecimento das capacidades desse mesmo território. Esse conhecimento deverá ter por base, invariavelmente, um suporte geológico, o qual deverá ser temático, adaptado ao fim em vista, através da selecção de um conjunto de indicadores relevantes.

Os trabalhos que, partindo deste pressuposto, foram levados a cabo no Anticlinal de Estremoz, permitiram produzir cartografia em termos da aptidão à indústria extractiva e dos principais constrangimentos ambientais. A metodologia utilizada construída com base no cruzamento de informação numa análise de risco geoeconómico e de indicador ou conjunto de indicadores ambientais mais relevantes, provou constituir-se como uma ferramenta para o apoio, quer ao sector industrial, quer à tomada de decisão em termos de ordenamento do território. É passível de aplicação a outras áreas territoriais desde que aplicadas as especificidades próprias desse território e da indústria extractiva em causa.

### Referências

- Carvalho Dill, A., Müller, I., Costa, A.M. y Monteiro, J.P. (1998). Importância do uso de métodos geofísicos electromagnéticos Very Low Frequency Electromagnetics (VLF-EM) e Radio Magnetotelluric - Resistivity (RMT-R) no estudo de aquíferos cársicos do Alentejo e do Algarve, 4º Congresso da Água, Lisboa.

- Comissão de Coordenação da Região do Alentejo (2000). *Relatório sobre os Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)*.
- Cupeto, C.A. (1991). *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do maciço de Estremoz (Cano-Sousel)*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 180p.
- Cupeto, C.A. (2003). *Hidrogeologia da Região de Estremoz-Vila Viçosa*. PhD Thesis, Univ. Évora.
- García, E.O. (1996). Investigación de Yacimientos. In *Manual de Rocas Ornamentales - Prospección, explotación, elaboración y colocación*. Lopez Jimeno, C. (Eds.) pp. 139-174. Madrid.
- Langer, W.H. 2001. Construction Materials: Dimension Stone. In: Buschow, K.H.J., Cahn, R.W., Flemings, M.C., Ilshner, B., Kramer, E.J., Mahajan, S. (Eds.) *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, Elsevier, Oxford, pp. 1546-1550.
- Luís, A.G. y Sousa, A.J. (1998). Simulação Geoestatística de Redes de Fracturas Aplicação à Avaliação da Blocometria de um Jazigo de Mármore, *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Tomo 85, Lisboa, pp. 117-137.
- Midões, C. (1999). *Contribuição para o conhecimento hidrogeológico das formações carbonatadas paleozóicas do anticlinal de Estremoz*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 155p.
- Moreira, J. y Vintém, C. (coord). (1997). Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz, escala 1:25.000. *Instituto Geológico e Mineiro*. Departamento Prospeção de Rochas e Minerais Não Metálicos, Lisboa.
- Moura, A. Casal Grade, J., Ramos, F. y Ferreira, N. (1995). Aspectos metodológicos do futuro e caracterização de maciços graníticos tendo em vista a sua exploração para a produção de rochas ornamentais e industriais. *Boletim de Minas*, vol. 32, nº 1, Lisboa.
- Muñoz de la Nava, P.M., Escudero, J.R., Suarez, I.R., Romero, E.G., Rosa, A.C., Moles, F.C. y Martinez, M.G. (1989). Metodología de investigación de rocas ornamentales: granitos. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 100, nº 3, pp. 129-149.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V. y Piçarra, J.M. (1991). Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comun. Serv. Geol. Portugal, Tomo 77*, pp. 3-26.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewsky, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D. y Monteiro, J.H. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. pp. 114. Serviços Geológicos de Portugal.
- Selonen, O., Luodes, H. y Ehlers, C. 2000. Exploration for dimensional stone - implications and examples from the Precambrian of southern Finland. *Engng Geol.* 56 (3/4), 275±291.
- Vintém, C., Sobreiro, S., Henriques, P., Falé, P., Saúde, J., Luís, G., Midões, C., Antunes, C., Bonito, N., Dill, AC. & Carvalho, J. (2003). *Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva*. Relatório Interno de Instituto Geológico e Mineiro e CEVALOR para "AIZM - Acção Integrada da Zona dos Mármore (FEDER), Eixo Prioritário 2 do PORA - Programa Operacional Regional do Alentejo 2000-2006".

Recibido: mayo 2005  
Aceptado: enero 2006