

## a arte da conservação técnicas e métodos de conservação em arte rupestre

O objectivo do presente volume é o de apresentar e avaliar as experiências de conservação levadas a cabo nos últimos dois anos no Vale do Côa, bem como as soluções propostas pelas empresas de conservação de pedra que participaram neste projecto para mitigar as dinâmicas erosivas em acção nos afloramentos com arte rupestre. Inclui pareceres de peritos internacionais em conservação de arte rupestre, e levanta questões sobre as várias intervenções propostas. Integra ainda as conclusões mais relevantes de um projecto de monitorização sísmica do território do Parque Arqueológico do Vale do Côa.

02

**a arte da  
conservação**  
técnicas e métodos  
de conservação em  
arte rupestre

**III congresso  
de arqueologia**  
trás-os-montes,  
alto douro  
e beira interior

actas das sessões

entidades organizadoras do congresso:



Centro Nacional de Arte Rupestre



Parque  
Arqueológico  
Vale do Côa

entidades financiadoras da edição:



COMISSÃO DE  
COORDENAÇÃO DA  
REGIÃO CENTRO



PROGRAMA  
OPERACIONAL  
DA REGIÃO CENTRO



Governo da  
República Portuguesa



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu de  
Desenvolvimento Regional



# 02

**a arte da  
conservação**  
técnicas e métodos  
de conservação em  
arte rupestre

**III congresso  
de arqueologia**  
trás-os-montes,  
alto douro  
e beira interior

**actas das sessões**

**índice**

- 4 **prefácio**  
Emílio António Pessoa Mesquita
- 5 **introdução**  
António Pedro Batarda Fernandes
- 12 acta 1  
**Monitorização Sísmica do Território do Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)**  
Idalina Veludo, Luís Matias e Paula Teves Costa
- 29 acta 2  
**Conservação das rochas com gravuras do Vale do Côa: intervenção piloto, núcleo da Canada do Inferno**  
Luís Machado
- 43 acta 3  
**Estudo prévio de conservação das rochas gravadas no núcleo de arte rupestre da Penascosa - Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)**  
Fátima de Llera, Marco Marques, Madalena Rodrigues e Carlos Catita
- 81 acta 4  
**Projecto de experimentação prévia para a conservação de uma rocha gravada e de uma rocha-tipo, do núcleo da Ribeira de Piscos, no Parque Arqueológico do Vale do Côa**  
Marta Raposo e Nuno Proença
- 103 acta 5  
**Limites estéticos e éticos na intervenção de conservação de superfícies de arte rupestre do Vale do Côa**  
António Pedro Batarda Fernandes
- 114 acta 6  
**Problemas e estratégias de conservação das rochas gravadas e apreciação das intervenções-piloto no Parque Arqueológico do Vale do Côa**  
J. Delgado Rodrigues
- 124 acta 7  
**Comments on treatment proposals for rock art at Foz Côa**  
Valerie Magar
- 130 acta 8  
**Propuestas de conservación directa en Foz Côa: una valoración**  
Fernando Carrera Ramírez
- 138 acta 9  
**Préservation et conservation de l'Art Rupestre dans la Vallée du Côa (Portugal): rapport d'une visite de terrain dans trois sites expérimentaux**  
François Soleilhavoup

## ficha técnica

### Editor

Associação Cultural Desportiva e Recreativa de Freixo de Numão

### Título

Actas do III.º Congresso de Arqueologia de Trás-os-Montes, Alto Douro e Beira Interior

### Coordenação do Congresso

Alexandra Cerveira Lima, António Martinho Baptista, António Sá Coixão

### Coordenação Editorial das Actas

Alexandra Cerveira Lima, André Tomás Santos, António Martinho Baptista, António Sá Coixão, Luís Luís

### Coordenação Científica da Sessão

António Pedro Batarda Fernandes e Rosa Jardim

### Coordenação da Publicação

António Pedro Batarda Fernandes

### Autores

António Pedro Batarda Fernandes, Carlos Catita, Emílio António Pessoa Mesquita, Fátima de Llera, Fernando Carrera Ramirez, François Soleilhavoup, Idalina Veludo, J. Delgado Rodrigues, Luís Machado, Luís Matias, Madalena Rodrigues, Marco Marques, Marta Raposo, Nuno Proença, Paula Teves Costa, Valerie Magar

### Gestão Editorial

Setepés.Arte

### Revisão de Textos

António Pedro Batarda Fernandes

### Design

Gina Ferreira

### Pré-Impressão, Impressão e Acabamentos

???

1ª Edição, 2008. Porto

ISBN: 978-972-99799-3-4

Depósito Legal

### Tiragem

1000 Exemplares

## Prefácio

Na sequência de uma consulta realizada à In Situ, Conservação de Bens Culturais, Lda, pelo Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC), a empresa propôs-se realizar um estudo de avaliação do estado de conservação, assim como, desenvolver uma intervenção piloto para a definição e implementação de metodologias de conservação para os afloramentos rochosos gravados do Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa. Os trabalhos decorreram entre os meses de Abril de 2004 e Abril de 2005.

Ao avaliar os afloramentos objecto de estudo e em simultâneo preparar uma intervenção piloto de conservação numa Rocha Tipo, estudando e testando diversos materiais comumente utilizados para as actividades de conservação e restauro, o grupo de trabalho deparou-se com uma dificuldade na definição da metodologia de intervenção. O que conservar? Onde estabilizar? Seria necessário estabilizar? Quais os factores de instabilização? O grupo de trabalho foi levado a reconhecer que, para a definição de uma intervenção de conservação ou consolidação das rochas gravadas, seria primeiro necessário realizar um estudo geotécnico para a avaliação da estabilidade dos afloramentos, sendo necessário também estudar e avaliar o comportamento da encosta à qual os afloramentos pertencem. Desta forma, o grupo técnico desenvolveu um estudo para a avaliação da estabilidade. No entanto, não sendo suficiente, o mesmo grupo determinou que após a avaliação, e de forma a comprovar ao longo de um tempo determinado os resultados obtidos, seria necessário implementar um programa de monitorização. Determinou-se uma metodologia para a monitorização, implementando-se uma primeira acção para a obtenção de leituras. É de referir que as actividades desenvolvidas, com uma sequência lógica de programação, nem sempre foram lineares. A empresa, tendo sido contratada para a elaboração de uma proposta de conservação e o desenvolvimento de uma intervenção piloto, considerou que o conhecimento de que dispunha, sobre o objecto em estudo, não era suficiente para poder compreender a evolução de todos os mecanismos que afectam o estado de conservação dos afloramentos, e em consequência, dos painéis. Sendo assim, não foi possível programar as actividades para a sequência lógica; estudar para conhecer, conhecer e actuar, ou seja; diagnosticar, monitorizar e implementar acções de conservação.

As visitas ao Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa iniciaram-se em Abril de 2004 de forma a identificar e seleccionar os afloramentos objecto do estudo. Para isso, a IN SITU contou com a colaboração dos técnicos do PAVC para a definição dos afloramentos de maior relevância para o Parque, permitindo assim realizar uma escolha com base em critérios de selecção pré-definidos i.e.: afloramentos com painéis de gravuras importantes, que se encontrassem já em estudo e que fossem de fácil acessibilidade.

De um conjunto muito diverso de afloramentos, a IN SITU determinou as rochas representativas dos fenómenos de instabilização e do padrão de alteração das rochas do Núcleo. Com efeito, procedeu-se à realização do estudo sobre as rochas seleccionadas, tendo como um dos objectivos que estas fossem representativas das condições a que o Núcleo da Penascosa está sujeito. Por exemplo, considerou-se o enquadramento das rochas seleccionadas no espaço do Núcleo e principalmente, a sua exposição aos ciclos de cheias. Numa fase inicial do projecto, seleccionaram-se três rochas para estudo do estado de conservação; duas rochas gravadas (Rocha 3 e Rocha 5, segundo a designação do PAVC) e uma rocha tipo sem gravuras (designada por Tipo 2). Na Rocha Tipo 2 identificava-se uma disposição similar às Rochas 3 e 5, quanto à sua estabilidade, assim como, o mesmo padrão de alteração, na qual se poderiam desenvolver acções para a intervenção piloto.

acta 3

## Estudo prévio de conservação das rochas gravadas no núcleo de arte rupestre da Penascosa - Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)

Fátima Llera, Marco Marques, Madalena Rodrigues e Carlos Catita.

In Situ, Conservação de Bens Culturais, Lda.; info@insitu.pt

## Introdução

No decurso do trabalho, acrescentaram-se duas rochas ao estudo, uma rocha acessível para o desenvolvimento dos trabalhos de conservação (designada por Rocha Tipo) e uma Rocha Monitorizada com sondas para o estudo das variações de temperatura.

O trabalho desenvolveu-se em três frentes; no local objecto de estudo (Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa), nas instalações da IN SITU e em laboratório (Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto Superior Técnico).

A constituição de uma equipa interdisciplinar foi fundamental, já que permitiu uma abordagem abrangente na leitura e na compreensão do núcleo em estudo. Estiveram envolvidos neste trabalho técnicos de diversas áreas, que desenvolveram um projecto orientado para a conservação de património natural e cultural.

Identificadas as Rochas, procedeu-se ao seu enquadramento em termos culturais (resenha histórica da ocupação humana do vale do Côa) e ambientais (enquadramentos geomorfológico, climático, hidrológico, geológico/sísmico e materiais ocorrentes).

Efectuou-se a caracterização do material rochoso dos afloramentos através da observação macroscópica, assim como, da observação ao microscópio das amostras coligidas para a caracterização mineralógica e petrográfica das rochas.

Efectuou-se igualmente a avaliação do estado de conservação do material rochoso que constitui o suporte das gravuras nos afloramentos estudados do Núcleo da Penascosa, quer em termos de estabilidade dos blocos que compartimentam o maciço, quer em termos de alteração física e química das superfícies pétreas.

Procedeu-se a uma avaliação pormenorizada da estabilidade da Rocha 5, desenvolvendo um estudo geotécnico enquadrado no estado de conservação do Núcleo. Desta forma, após os resultados da avaliação da estabilidade, desenvolveu-se e implementou-se uma metodologia para um programa de monitorização dos afloramentos.

Em simultâneo, efectuou-se uma intervenção piloto para a implementação de metodologias para a conservação dos afloramentos rochosos, sendo igualmente estudada a adequação de alguns consumíveis (resinas epoxídicas, inertes e ligantes) às condições ambientais autóctones do Vale do Côa.

## **Caracterização do Núcleo de Arte Rupestre da Penascosa**

### **1. Enquadramento geral**

O PAVC insere-se no Nordeste de Portugal, na região duriense. Atente-se que o Rio Côa é um afluente do Rio Douro. Assim, a área do PAVC, que se estende algumas dezenas de km ao longo das margens do primeiro, evidencia as condições ambientais, sócio-económicas e culturais características desta região. Assumem uma importância fundamental:

1. A geomorfologia, nomeadamente a sua localização numa superfície planáltica da zona setentrional da meseta ibérica, entrecortada por vales encaixados concomitantes com a existência de uma rede de drenagem vincada;
2. As formações predominantemente xistosas;
3. Um clima temperado continental de características mediterrânicas, das quais se salientam um clima seco, quente no Verão e com baixa pluviosidade anual (INMG, 1991).;
4. Uma ocupação humana fundamentalmente sustentada pela pastorícia e por uma agricultura assente essencialmente no cultivo da vinha, oliveira e amendoeira (Fernandes, 2004);
5. A existência de relevo acidentado com vertentes que ladeiam o rio, por vezes abruptas e de zonas de acessibilidade difícil que dificultaram sobremaneira a ocupação humana do vale do Côa, mas que contribuíram para que os painéis insculturados preservassem a sua integridade até à actualidade;

O PAVC alberga 28 núcleos inventariados de arte rupestre, penetrando a arte paleolítica mais

de 17 km Rio acima, existindo mais de 200 superfícies rochosas diferentes e de 1000 motivos zoomórficos (Baptista, citado em Fernandes, 2004). A arte rupestre do Vale do Côa reveste-se de um valor patrimonial imenso. Constitui mesmo um dos mais importantes exemplos no país, em termos arqueológicos e artísticos. Trata-se do único património arqueológico nacional inscrito pela UNESCO na Lista do Património Mundial.

Segundo Zilhão (1997), “Os mais antigos vestígios de povoamento da região revelados pela prospecção e escavação de contextos arqueológicos contendo conjuntos artefactuais são atribuíveis ao Paleolítico Inferior, há 100 000 anos ou mais. A fase seguinte, o Paleolítico Médio, ainda não foi documentada. O Paleolítico superior é actualmente conhecido, de forma segura, em quatro jazidas: Quinta da Granja, Quinta da Barca, Quinta da Barca Sul e Salto do Boi. Nestas quatro jazidas detectaram-se vestígios de ocupação pertencentes a duas épocas distintas: o final do Gravettense, entre cerca de 23 000 e cerca de 21 000 BP; e o Magdalenense superior/final entre cerca de 12 000 e cerca de 10 000 BP.” Em nota de autor encontra-se ainda referido: “Em Março de 1997, foi descoberta e sondada uma nova jazida do Paleolítico Superior: Olga Grande Sul com indústria Solutrense. Situa-se entre Almendra e Algodres, na Cabeceira da Ribeirinha, o afluente da margem direita que desagua no Côa junto aos sítios de arte rupestre de Penascosa e Quinta da Barca”.

Estão representadas várias técnicas de gravação como a picotagem, incisão filiforme, abrasão, raspagem e os principais motivos zoomórficos de equídeos, bovinos, caprinos e cervídeos (Aubry *et al.*, 1997). As dimensões das figuras variam entre cerca de 20cm, filiformes e dispersas pelas encostas e cerca de 2m, como os três auroques já no canhão terminal do Rio Côa. Estas dimensões estão consentâneas com o afastamento das diaclases nos afloramentos rochosos que oscilam, de um modo geral entre os 6-20cm e os 2-3m, definindo blocos nesta gama de variação de dimensões.

Na zona da Penascosa, margem Este do Rio Côa, encontra-se um dos mais importantes conjuntos de gravuras deste vale, apresentando cerca de 25 rochas gravadas.

Neste local, o vale apresenta-se mais aberto e encontra-se preenchido por depósitos aluvionares modernos, predominantemente arenosos, que formam uma extensa praia fluvial. Do lado oposto da Penascosa situa-se o núcleo da Quinta da Barca que também exhibe gravuras paleolíticas importantes.

A distribuição dos painéis com gravuras pelas duas margens indicia que esta zona do vale poderia ser um local com dois núcleos interligados, a que não seria alheia a maior facilidade de passagem do rio a vau.

## **2. Enquadramento geomorfológico, geológico e sismicidade**

O Rio Côa instalou-se na superfície planáltica da meseta ibérica, entrecortando vales encaixados. Foi condicionado no seu traçado pela tectónica de fracturação, ou seja pelas direcções predominantes das falhas: N/S, NNE-SSW, WNW-ESE.

Entre a foz e as proximidades da Quinta de João Baptista ocorrem terrenos do Precâmbrico e do Câmbrico, sendo estas essencialmente rochas metassedimentares do denominado Grupo do Douro, abrangidas pelo Complexo Xisto-Grauváquico. Estes terrenos são constituídos pelas formações de Desejosa, Rio Pinhão e Pinhão e são essencialmente compostos por uma alternância de filitos, metagrauvaques e metaquartzovaques. A Sul, ocorrem as intrusões de rochas ígneas (granitóides) associadas à orogenia hercínica.

Os afloramentos rochosos do núcleo da Penascosa pertencem à formação geológica de Pinhão e são filitos e quartzofilitos cloríticos com intercalações de magnetite.

Segundo Ribeiro (2001) possuem uma ritmicidade característica acompanhada por laminação oblíqua e/ou côncava. São formações metassedimentares que sofreram metamorfismo de

baixa a moderada intensidade, ficando o seu carácter sedimentar registado na laminação vincada que apresenta. Devem ainda salientar-se entre as diversas famílias de fracturas que cortam este maciço, as de inclinação subvertical, de direcção N/S e N20°E (respectivamente N4°E e N24°E, corrigida a declinação magnética) que geraram as superfícies utilizadas, como suporte, para as gravuras.

A dominar a região encontra-se uma estrutura monumental, a falha da Vilarça. Trata-se de um acidente tectónico muito extenso com fracturação paralela numa faixa lateral de aproximadamente 1 km, com desnivelamento dos blocos extremos e abatimento do bloco central originando o «graben» de Longroiva. A sismicidade histórica e recente, nesta região, ocorre associada a esta estrutura monumental (Silva e Ribeiro, 1991).

Na Tabela 1 apresentam-se os registos dos parâmetros de sismicidade obtidos dos registos do então Serviço Meteorológico Nacional, segundo Sousa Oliveira (1976), compreendidos entre os anos de 1902 e 1975, referentes à região do Baixo Côa. As fórmulas de cálculo das magnitudes podem ser consultadas em Sousa Oliveira (1976).

Datas de ocorrência	Coordenadas geográficas dos epicentros dos sismos		Magnitude	Intensidade
	Latitude	Longitude		
<b>04.11.1902</b>	<b>40,5° N</b>	<b>7,5° W</b>	<b>5,0</b>	---
10.01.1907	41,0° N	7,8° W	4,0	IV-V
12.07.1907	40,5° N	7,9° W	4,0	IV-V
24.04.1909	40,6° N	7,9° W	3,0	III
14.06.1909	41,6 N	7,3° W	3,0	III
<b>11.01.1910</b>	<b>41,2° N</b>	<b>7,8° W</b>	<b>5,6</b>	<b>VII</b>
<b>15.12.1913</b>	<b>41,0° N</b>	<b>7,6° W</b>	<b>5,0</b>	<b>VI</b>
03.01.1915	41,1° N	7,8° W	3,0	III
07.12.1915	41,6° N	7,8° W	3,6	IV
05.03.1917	41,1° N	7,8° W	3,0	III
25.12.1918 (10h30m)	41,7° N	7,8° W	4,5	VI
<b>25.12.1918 (10h31m)</b>	<b>41,5° N</b>	<b>7,0° W</b>	<b>5,7</b>	<b>VII</b>
11.09.1919	41,5° N	7,5° W	4,0	IV-V
14.05.1920	40,4° N	7,8° W	3,6	IV
09.01.1926	40,4° N	7,6° W	4,4	V
30.06.1926	40,3° N	7,8° W	4,4	V
01.06.1928	40,4° N	7,4° W	3,0	III
26.02.1942	40,6° N	7,6° W	3,6	IV
25.01.1945	41,2° N	7,6° W	3,6	IV
27.08.1945	41,2° N	7,1° W	3,6	IV
21.05.1947	41,7° N	7,8° W	3,0	III
12.11.1949	41,2° N	7,1° W	3,6	IV
11.03.1974	40,4° N	7,9° W	4,8	----

tabela 1 Parâmetros de sismicidade segundo Sousa Oliveira (1976).

Os maiores valores de magnitude registados oscilam entre os 5 e os 5,7, para uma intensidade de VI – VII. Refere-se ainda a ocorrência de dois sismos com epicentros próximos do PAVC, em 1945 e 1949, com valores de magnitude de 3,6 e intensidade de IV.

Também segundo Sousa Oliveira (1976), os valores máximos anuais de aceleração, velocidade e deslocamento, para 41° N e 7° W, considerando um valor de 0,95 de distribuição probabilística, são respectivamente de: 20 cm/s<sup>2</sup> (0,02 g), 4 cm/s e 0,8 cm.

Os dados registados pela estação sísmica HATHOR 3 do CGUL (Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa), em funcionamento no PAVC, no decurso dos anos de 2003 e 2004, comunicados por esta instituição, indicam a ocorrência de sismos pouco significativos nas proximidades, de um modo geral, com valores de magnitude local inferiores a 1,5. (Fernandes, 2005)

### 3. Caracterização do material rochoso dos afloramentos

#### 3.1 Identificação dos Afloramentos

No estudo foram analisados cinco afloramentos rochosos da área da Penascosa. Escolheram-se dois afloramentos com gravuras de relevo, já em estudo pelo PAVC - Rocha 3 e Rocha 5. Escolheram-se ainda três afloramentos sem gravuras, representativas dos fenómenos de instabilização e do padrão de alteração das rochas do Núcleo:

1. Rocha Tipo – seleccionada para o desenvolvimento da intervenção piloto, por se encontrar exposta aos ciclos de cheias (variações do nível do rio).
2. Rocha Tipo 2 – seleccionada por apresentar uma disposição similar às Rochas 3 e 5, quanto à sua estabilidade, assim como, o mesmo padrão de alteração.
3. Rocha Monitorizada – com sondas para o estudo das variações de temperatura que se registam nas rochas.

#### 3.2 Amostras Coligidas

Em Maio de 2004, colheram-se 7 amostras em quatro dos afloramentos seleccionados, com o objectivo de caracterizar as rochas do ponto de vista mineralógico e petrográfico, e verificar se, de um modo geral, existiriam grandes diferenças entre os afloramentos ou se as suas características seriam idênticas.

A observação macroscópica permitiu descrever as amostras como sendo um filito de cor clara com textura porfiroblástica caracterizado pela presença de cristais ou agregados cristalinos que ponteiavam a rocha, apresentando-se um tanto esverdeado e friável.

Apenas um dos afloramentos apresenta alguns locais onde a rocha apresenta características de filito clorítico sem a presença de cristais ou agregados cristalinos. No entanto, as observações ao microscópio óptico de luz polarizada comprovam que todas elas apresentam a mesma mineralogia e textura, com a particularidade de os porfiroblastos serem mais raros e de menores dimensões que os observados nas laminas dos filitos porfiroblásticos.

Estas observações foram realizadas com o apoio do Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto Superior Técnico (LAMPIS), com o apoio técnico da Prof. Dr.<sup>a</sup> Maria José Matias. Em termos gerais, todas as lâminas efectuadas correspondem a filitos e quartzofilitos cloríticos de textura porfiroblástica com alongamentos no sentido da xistosidade.

A matriz é constituída por quartzo, clorite, moscovite e alguns minerais opacos (foi identificada pirite). Como porfiroblastos observaram-se cristais de biotite, quartzo, turmalina parda e agregados de cristais de quartzo e minerais opacos.

Desta forma conclui-se que as amostras colhidas nos quatro afloramentos são muito semelhantes, com algumas variações pontuais de textura.

A alteração é um processo de transformação em que os componentes da rocha (minerais) se alteram de forma a estabelecer um equilíbrio com o meio ambiente. Para esta alteração, entram em jogo factores extrínsecos: temperatura, potencial de hidrogénio (pH), potencial de oxi-redução, quantidade de água disponível, acção biológica, e factores intrínsecos: natureza do material e superfície exposta ao ataque (porosidade, fracturas e fissuras) (Aires-Barros, 1991).

Assim espera-se que as formas de degradação, na dependência das características da rocha sejam semelhantes, já que os factores intrínsecos, composição mineralógica estrutura e textura da rocha, são pouco variáveis.

## Avaliação do estado de conservação

### 1. Identificação dos fenómenos de alteração

O estudo realizado abrange o âmbito da Conservação e o da Geologia, tendo como principal objectivo a identificação das formas de degradação a tratar numa acção de conservação. A avaliação da estabilidade dos afloramentos tornou-se necessária por estes apresentarem, de um modo geral, problemas ligados à estabilidade física e mecânica dos mesmos.

De um modo geral, podemos afirmar que os fenómenos que determinam o estado de alteração das rochas são similares em todos os afloramentos estudados, predominando os fenómenos de alteração física. Tal como referido por Rodrigues em 1999, observam-se fenómenos de menor escala: esfoliação da superfície e destacamento de fragmentos; e fenómenos de grande escala: fenómenos de diaclasamento intenso com abertura das diaclases e queda de blocos por *toppling*.

Apesar de, considerando o nível de volume pétreo envolvido, os segundos parecerem fenómenos mais graves, os fenómenos de esfoliação e destacamento de fragmentos são também muito graves, provocando perdas irreparáveis nas superfícies gravadas.

Anomalias observadas	Afloramentos				
	Rocha Tipo	Rocha tipo 2	Rocha 3	Rocha com sonda	Rocha 5
Diaclasamento	•	•	•	•	•
Colonização biológica por líquenes	•	•	•	•	•
Colonização biológica por plantas superiores	•	•		•	
Placas		•	•		
Esfoliação	•	•	•	•	•
Alteração cromática	•		•	•	•
Destacamento dos bordos	•	•	•	•	•
Picadura	•	•			•
Alveolização	•	•			•
Concreção			•		

tabela 2 Principais tipologias de alteração, observadas nos afloramentos estudados.

#### 1.1 Fenómenos de pequena escala

Em relação aos fenómenos de menor escala, há a salientar a desagregação notória dos bordos dos blocos. Estes fenómenos estão associados a processos físicos resultantes da presença de uma rede de fissuras e microfissuras que afectam estas rochas. Para o seu surgimento, contribuem as acções cíclicas de expansão/contractão dos materiais, assim como os deslocamentos relativos de minerais por comportamentos diferenciados aos ciclos de dilatação/contractão resultantes de amplitudes térmicas diárias consideráveis (Fernandes *et al.*, no prelo).

A perda de minerais mais alteráveis, como é o caso da biotite, ou a dissolução da sílica, resultam no aparecimento de microcavidades que dão origem a uma forma de degradação designada por picadura. Observam-se ainda alguns fenómenos de destacamento em placas e colonização biológica por líquenes e plantas superiores. Nas rochas 3 e 5 não se observa a presença de plantas superiores, já que as rochas com gravuras são alvo de intervenções de limpeza e manutenção efectuadas periodicamente pelos técnicos do PAVC.

Exclusivamente no Afloramento 3 observam-se concreções brancas. Foi colhida uma amostra por raspagem cuidadosa de modo a não afectar as gravuras que se encontram na zona da concreção. A amostra foi observada à lupa binocular, e caracterizada por Espectroscopia de Absorção de Raios Infravermelhos com transformada de Fourier (FTIR) (análise realizada no LAMPIST). Esta análise não foi conclusiva, no entanto esta análise indica que se trata de

material mineralógico muito alterado, possivelmente um mineral da família dos silicatos, e material de origem orgânica.

Devido à escassez de material não foi possível aplicar qualquer outra metodologia. Seria necessária a recolha de maior quantidade de material.

### 1.2 Fenómenos de grande escala

Quanto aos fenómenos de grande escala as Rochas estudadas apresentam, de um modo geral, diaclasamento intenso, contínuo, com afastamentos variáveis entre 6-20cm e 2-3m. As diaclases apresentam-se, de um modo geral, abertas à superfície, variando as situações desde o fechamento em profundidade até à abertura total. Quando se encontram abertas, as diaclases apresentam um preenchimento frequente por materiais resultantes da alteração dos afloramentos (essencialmente materiais terrosos e pequenos blocos/fragmentos de rocha), que por sua vez conferem coesão, permitindo a ligação dos blocos.

Nos afloramentos estudados ocorre diaclasamento intenso, contínuo, com afastamentos variáveis entre 6-20cm e 2-3m, (respectivamente  $F_{4-5}$  a  $F_1$  - [ISRM, 1978]). Os blocos maiores com dimensões de 2-3m encontram-se frequentemente divididos em blocos com dimensões sucessivamente menores. As diaclases apresentam-se, de um modo geral, abertas à superfície, variando a abertura, desde o fechamento em profundidade até à abertura total, as dimensões são variáveis, existindo alguns blocos em que a abertura expressiva de algumas diaclases indicia um equilíbrio instável.

## 2. Cartografia de formas de degradação

Foi efectuada a cartografia das formas de degradação observadas com o objectivo de efectuar um registo gráfico detalhado das anomalias observadas.

Sendo o mapeamento de superfícies pétreas um registo válido e de grande importância, pois permite uma apreciação do grau de alteração feita pelo observador (por vezes difícil de se realizar apenas com o registo fotográfico), pretende-se que a cartografia seja o mais fiel possível à realidade, com toda a informação, registada e mapeada à escala.

Realizou-se a cartografia recorrendo aos seguintes softwares:

**CorelDRAW versão 11** - software utilizado pelo PAVC que permite uma maior interface na importação de imagens e fotografias, sendo o seu manuseamento facilitado para o registo desenhado das alterações de superfície, no entanto, o rigor métrico do desenho não é exacto. Os mapeamentos da rocha Tipo 2 e rocha 3 foram executados por actualização dos registos em CorelDRAW realizados pelo PAVC em 2000. (Fernandes, 2004)

**Photomodeler** – Permite ortorectificar as imagens de forma a possibilitar a sua transferência para o AutoCAD, transformando a imagem em suporte vectorial. Obtém-se assim um registo fotográfico de alta resolução ortorectificado.

**AutoCAD versão 2004** – Num âmbito bidimensional, permite a pormenorização do levantamento através da definição da escala do levantamento e a escolha da escala de impressão, nunca perdendo a proporção dos elementos desenhados. Permite igualmente monitorizar a evolução das patologias através da execução de desenhos sucessivos ao longo de uma escala de tempo previamente definida.

O sistema de layers e a gama variada de tramas e espessuras de linhas, favorecem a distinção entre as incidências desenhadas, facilitando assim a quantificação e a expressão real das observações realizadas em campo.

O AutoCAD não trabalha com sólidos de revolução, ou seja, não faz a modelagem tridimensional de volumes irregulares, tais como, o corpo humano, uma rocha etc. A percepção da evolução e em consequência, a monitorização de algumas anomalias, tais como a profundidade e abertura de cavidades, fissuras, fracturas e diaclases, apenas será possível através da leitura por um *scanner* a laser.

### **3. Avaliação da estabilidade/estudo geotécnico**

Apesar do estudo realizado abranger o âmbito da Conservação e o da Geologia, tendo como principal objectivo a identificação das formas de alteração a tratar numa acção de conservação, a avaliação da estabilidade dos afloramentos tornou-se necessária por estes apresentarem, de um modo geral, problemas ligados à estabilidade física e mecânica dos mesmos.

O estudo da estabilidade insere-se no domínio das Ciências de Engenharia, sendo portanto necessário estender o estudo à área científica de charneira entre a Geologia e a Engenharia, i. e.: a Geotecnia.

Os painéis insculturados encontram-se num maciço rochoso compartimentado em blocos, situados em encosta no fundo do vale. A estabilidade dos blocos é concomitante com a estabilidade do talude onde se encontram. A sua avaliação depende da inclinação deste, de características geométricas e de parâmetros físicos e mecânicos do conjunto dos blocos numa dualidade entre o material rochoso e as diaclases que o compartimentam.

O grupo de trabalho foi levado a reconhecer que para a definição de uma intervenção de estabilização ou consolidação das rochas gravadas, seria primeiro necessário realizar um estudo geotécnico para a avaliação da estabilidade dos afloramentos, sendo necessário também estudar e avaliar o comportamento da encosta à qual os afloramentos pertencem. Desenvolveu-se um estudo geotécnico enquadrado no estado de conservação do Núcleo, tendo sido seleccionada a rocha 5 para a avaliação da estabilidade. Esta rocha encontra-se compartimentada por fracturas e diaclases cujas características condicionam sobremaneira o comportamento do maciço.

A encosta onde se insere a rocha 5 apresenta uma inclinação global de cerca de 25° segundo a carta geológica simplificada do PNVC (Ribeiro, 2001). Pode ser dividida em dois taludes, um de cerca de 35° e outro sobrejacente de cerca de 20°. Segundo o levantamento topográfico realizado pela IN SITU, o talude a que pertence esta rocha insere-se num troço da encosta com uma inclinação de 30° numa extensão horizontal de cerca de 14m. Assim, para efeitos de análise de estabilidade adoptou-se o valor de 30° por ser o mais consentâneo com a inclinação do troço da encosta onde se insere o afloramento nº 5.

O trabalho de campo consistiu numa primeira fase na caracterização geométrica e geotécnica das diaclases do maciço no afloramento nº 5, depois no nº 6, assim como num afloramento a Sul deste. Também se procedeu à caracterização do estado de alteração e do estado de fracturação do maciço rochoso, assim como a uma estimativa da resistência à compressão simples do material rocha (ISRM, 1978 e 1981).

O trabalho de campo consistiu numa primeira fase na caracterização geométrica e geotécnica das diaclases na rocha 5.

Mediram-se as atitudes de mais de 50 diaclases/descontinuidades nas rochas 5, nas superfícies mais adequadas e acessíveis para os trabalhos de medição.

### 3.1 Análise cinemática da estabilidade do troço do talude com os blocos da rocha 5

Efectuou-se o estudo estatístico para a determinação das famílias através da projecção estereográfica dos polos das atitudes das diaclases na rede de Schmidt (rede polar de igual área). Projectaram-se portanto, as rectas perpendiculares aos planos das diaclases, que se designam por polos, no hemisfério inferior.

Detectou-se a existência de quatro famílias principais:

Famílias de diaclases	Direcção	Inclinação
F1	N56° W	30° a 80° NE*
F2	N4°E a N24° E	70° a 85° SE
F3	N 56° W	15° a 85° SW
F4	N4°E a N24° E	30° a 65° NW

**tabela 3** Atitudes das famílias de diaclases.

\*Atitude da estratificação

As determinações efectuadas dos valores de direcção e de inclinação das diaclases estudadas evidenciam semelhança com os da geologia regional.

O maciço rochoso encontra-se compartimentado em blocos com forma de cubos, objecto de rotação, com um aspecto similar a romboedros. Como as dimensões são variáveis, os cubos/prismas maiores têm dimensões de cerca de 2 x 2 x 3 [m].

A análise cinemática foi realizada através da projecção estereográfica das atitudes das diaclases na rede de Schmidt (hemisfério inferior), bloco a bloco e na globalidade. Consideraram-se a direcção e inclinação do talude e as atitudes das famílias das diaclases. Através da observação visual da superfície verificou-se que as diaclases se encontravam fechadas, pelo menos em profundidade. Por inspecção visual constatou-se que os respectivos bordos apresentam um estado de alteração  $W_{2-3}$  (alteração moderada) e um enchimento que se afigura ser areno-siltoso superficial. Adoptou-se uma posição conservativa, ou seja considerando a posição mais desfavorável, admitiu-se que as diaclases são planares e lisas. Estimou-se o ângulo de atrito das mesmas a partir dos parâmetros  $J_r$  (rugosidade das fracturas) e  $J_a$  (alteração das paredes das fracturas) de Barton e Choubey (1977) e Barton (1987). A partir do cômputo de  $\tan^{-1}(J_r/J_a)$ , resulta um valor de ângulo de atrito de 27° - 30°. No entanto, considerando o efeito da percolação da água, reforçou-se a posição conservativa e adoptou-se um valor de ângulo de atrito do enchimento arenoso, em termos de tensões efectivas, de cerca de 20°. O afastamento das diaclases nos afloramentos rochosos oscila, de um modo geral entre os 6-20cm e os 2-3m, ou seja entre  $F_4$  e  $F_1$  (ISRM, 1978).

Foram analisados para cada bloco os três tipos de rotura mais frequentes em taludes rochosos: rotura planar, rotura em cunha e “toppling” ou basculamento.

Para ocorrer rotura planar, os planos das diaclases têm de inclinar no mesmo sentido do talude, mas com um valor inferior à inclinação deste e superior ao do ângulo de atrito, para poderem aflorar na superfície do talude.

Para a rotura por cunhas ocorrer, a intersecção dos planos das diaclases tem de ficar, na representação da rede de Schmidt, na superfície entre o plano do talude e o círculo dos 20°. O toppling ocorre, fundamentalmente, quando os pólos das descontinuidades se encontram marcados na superfície entre o plano do talude e o círculo dos 20°, numa gama de variação das direcções dos planos com uma amplitude de 60° em relação à direcção do talude.

A análise das projecções estereográficas permite concluir que o mecanismo predominante de rotura do maciço é o toppling, segundo a estratificação, numa gama de variação de inclinações entre cerca dos 60° e cerca dos 70 - 72°.

Para ilustrar este mecanismo de rotura, apresenta-se a Fig. 25 onde se observa a disposição geométrica das camadas de estratificação, acima do local do afloramento nº 5 e neste

próprio. É notória a atitude das camadas em consola (em balanço) e evidencia-se o avanço progressivo dos blocos no sentido do topo, visível no “muro” das camadas, ou seja no tardo destas. Trata-se da “escadaria invertida”. Na Fig. 26 apresenta-se um pormenor de uma camada em consola, com uma inclinação de cerca de 60° para NE e portanto susceptível ao *toppling*.

As intersecções de planos de diaclases (cunhas) situados, na área da rede de projecção estereográfica, entre o plano do talude e o círculo dos 20° de atrito, correspondem a duas famílias de diaclases observadas: a família F2 da superfície sub-vertical (painéis das gravuras) e a família F3, no bloco A.

Apesar do mecanismo de rotura por cunhas ter sido identificado não se afigura relevante, em termos de estabilidade, no contexto da rocha 5, enquanto a componente atrítica actuar.

### 3.2 Análise da estabilidade dos blocos do talude através de classificações geomecânicas

Para a confirmação dos resultados obtidos com a análise cinemática aplicou-se a classificação geomecânica RMR de Bieniawski (1979) com os factores de ajustamento de Romana (1985, 1988 e 2001) adequados para a aplicação aos taludes, para determinar o parâmetro SMR. (Slope Mass Rating)

O cálculo do RMR (Rock Mass Rating) e do SMR foi realizado com recurso a folhas de cálculo onde se introduziram as características geométricas e geomecânicas das descontinuidades e do material rocha. Os valores do parâmetro resistência à compressão uniaxial foram estimados de um modo muito expedito através de ISRM (1978). Os valores de RQD segundo Deere (1967) foram estimados a partir dos resultados de estudos anteriores em materiais xisto-grauváquicos na região duriense.

$$\text{O valor SMR} = \text{RMR}^* - (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Depende dos parâmetros  $F_i$  os factores de ajustamento, considerando sempre os mecanismos de rotura (deslizamento planar e *toppling*), que reflectem:

**F1** - função da diferença em valor absoluto entre as direcções das diaclases e do talude;

**F2** - função da inclinação das diaclases;

**F3** - função da diferença entre as inclinações das diaclases e do talude: se inclinarem no mesmo sentido ou da soma respectiva se inclinarem com sentidos opostos;

**F4** - função do método de desmonte, que neste caso não é nenhum, apenas o talude natural.

Na Tabela 2 constam os valores dos parâmetros necessários para o cálculo de SMR, para o conjunto dos blocos, assim como a indicação da classe correspondente e uma apreciação sobre a respectiva estabilidade.

Pode-se concluir mais uma vez que o mecanismo instabilizador predominante é o *toppling*. É de realçar que no bloco A, numa diaclase pode ocorrer deslizamento planar, de modo que ao não ser considerada, o valor de SMR aumenta assim como a estabilidade dos blocos constituintes do bloco A. Situação similar ocorre no afloramento nº 6 com outra diaclase.

Quantidade de Blocos	2		3		8	
Identificação	A, R6		A*, C4 e W3		B1, B2, B3, C1, C2, W1, W2, RSR6	
CSU (MPa)	25 a 50					
Valor	4					
RQD (%)	25 a 50					
Valor	8					
Afastam. diaclases (cm)	6 a 20					
Valor	8					
Cond. Descont.	Lisas, abertura menor que 5 mm e bordos algo meteorizados.					
Valor	10					
Percolação	secas	fluído	secas	fluído	secas	fluído
Valor	15	0	15	0	15	0
RMR	45	30	45	30	45	30
F1	0,7					
Caso	Normal					
F2	1					
Caso	Muito desfavorável					
F3	50	50	6	6	25	25
Caso	desfav.	desfav.	Favo.	Favo.	Normal	Normal
F4	15					
Método	Talude natural					
SMR	25	10	56	41	43	28
Classe	IV	V	III	III	III	IV
Estabilidade	instável	totalmente instável	parcial. estável	parcial. estável	parcial. estável	instável

**tabela 4** Características geométricas e geomecânicas das discontinuidades necessárias para o cálculo de SMR.

\* Sem diaclase desfavorável

Quando se considera a ocorrência de fluxo de água pelas diaclases, verifica-se que:

- O valor de SMR decresce e em 75% das situações estudadas, diminui a classe de estabilidade.
- Em mais de 50% dos blocos analisados, a situação de estabilidade parcial passa a instabilidade.

Na sequência das análises efectuadas para avaliação de estabilidade cinemática e com recurso a classificações geomecânicas das diaclases, concluiu-se que o principal mecanismo de rotura é o *toppling*.

A possibilidade de ocorrência de deslizamento planar, embora não se afigure fundamental, não deve ser descurada. Existem modelos geomecânicos, como o de J. Muralha (2002), que consideram que os blocos da base do talude não tendem a rodar ou a ser objecto de *toppling*. São empurrados pela queda de outros, que provêm de níveis mais elevados e tendem apenas a deslizar.

De modo a avaliar esta possibilidade, analisaram-se os blocos da base da rocha 5 por serem os que se encontram a níveis menos elevados. Nas Figs. 31, 32 e 33 constata-se que os blocos da base se encontram travados por outros, pelo que a possibilidade de deslizamento não é significativa.

Actualmente a base dos blocos encontram-se visíveis devido à remoção de terras do depósito aluvionar para se efectuar uma escavação arqueológica. A remoção deste volume de depósito não contribui para a estabilidade do talude, por reduzir as forças estabilizadoras, pelo que se propõe a sua reposição sem matéria orgânica, compactado por métodos manuais, nos blocos onde não se detectaram gravuras.

Também a baixa inclinação das “galerias” na base, além de facilitar o seu rápido enchimento

de água, quando da inundação do vale do Rio Côa em regime torrencial de cheias, conduz depois a uma dissipação lenta das pressões neutras, o que constitui um factor de instabilidade a considerar. O efeito da percolação de água pelas diaclases é um importante factor instabilizador, como se evidenciou anteriormente.

Em suma, os principais factores ambientais físicos e mecânicos instabilizadores dos blocos dos afloramentos estudados são:

1. As elevadas amplitudes térmicas que ocasionam deslocamentos diferenciais na superfície dos blocos;
2. A acção do gelo-degelo no diaclasamento que causa esforços cíclicos de expansão/contractão, degradando a componente atrítica e conduzindo à abertura das diaclases;
3. A percolação da água pelas diaclases;
4. A acção hidrodinâmica do Rio Côa em regime torrencial de cheia;
5. A acção mecânica da colonização biológica, nomeadamente raízes que ocasionam o deslocamento dos blocos;
6. A acção sísmica que pode induzir movimentos significativos nos blocos. A probabilidade máxima anual de 8mm de deslocamento, para uma distribuição de probabilidade de 95%, é expressiva.

Todas as considerações estabelecidas necessitam de uma aferição no tempo porque a escala de manifestação dos fenómenos em estudo é geológica e muito raramente coincide com a escala humana.

Em virtude de não se afigurar muito provável a queda imediata de blocos, preconiza-se a implementação de um sistema de monitorização que permita efectuar a medição e registo periódicos dos deslocamentos relativos dos blocos com recurso a instrumentação topográfica.

## **Programa de monitorização**

No estudo geotécnico para a avaliação da estabilidade da Rocha 5 afigura-se não ser provável a queda imediata dos painéis insculturados.

A monitorização da estabilidade, assim como, da evolução das alterações na superfície pétreia, permite acompanhar a evolução dos fenómenos de instabilização naturais e determinar o tempo adequado para uma acção de conservação activa, sem que esta venha a ser considerada uma atitude algo precipitada.

Assim, estudaram-se diversas metodologias passíveis de serem implementadas e continuadas num programa mais vasto de monitorização.

### **1. Projecto preliminar de monitorização topográfica**

#### **1.1 Metodologia e Instrumentação**

Na elaboração da metodologia de medição na Rocha 5 e na implementação da instrumentação necessária, colocaram-se alguns desafios.

As medições topográficas são efectuadas observando alvos fixos. Neste caso, a colocação de microprismas nas Rochas descaracterizaria e desvirtuaria o monumento arqueológico. Assim, foram colocadas 5 marcas fixas na periferia da Rocha 5, num raio de aproximadamente 20 m, de forma a georeferenciar a rocha.

Optando-se pela utilização de um Laser visível para efectuar leituras directamente sobre a superfície da Rocha.

Seleccionaram-se 17 blocos distintos para exemplificação da metodologia a implementar.

Foi definido 1 ponto de leitura por bloco, num total de 17, procurando pontos notáveis nas Gravuras ou características singulares dos Blocos. Deste modo, efectuaram-se:

- Leituras de redundância nos 17 pontos notáveis previamente seleccionados. Para cada ponto foi elaborada uma ficha de registo que permitirá futuras leituras.
- Leituras simples de inúmeros pontos na periferia de cada bloco de modo a definir o seu contorno.

Após a execução das tomas de pontos é originada uma leitura gráfica num estilo roda de carroça. A roda de carroça consiste em unir os pontos de levantamento da periferia do bloco, formando uma linha poligonal irregular e, por sua vez, a ligação destes pontos da poligonal a um ponto interior notável (1 a 17), criando assim um polígono raiad.

O resultado do levantamento de pontos servirá para uma futura monitorização, com o aumento do número de pontos interiores e do contorno para a realização de leituras.

## 1.2 Metodologia preconizada

Os métodos propostos resultam da experiência de monitorização geotécnica nas grandes obras de engenharia, nomeadamente vias de transporte estruturantes (rodoviárias e ferroviárias), barragens, minas a céu aberto a grandes profundidades e, no campo do ambiente, de estudos da avaliação de estabilidade de encostas de vulcões e de glaciares. Estes métodos directos e indirectos de observação permitem-nos detectar, com um grande rigor, os mais pequenos movimentos ao longo do tempo dos objectos observados. Assim, recomendam-se como futuros trabalhos a desenvolver:

1. A referência ao Sistema Geodésico Nacional das diferentes Rochas deverão ser, pela utilização de um aparelho de Topografia com sistema GPS (Global Position System);
2. A criação de uma base firme, que consistirá num pilar em betão armado com cerca de 1.20m de altura, tendo no topo uma base circular em bronze, pouco sensível às variações de temperatura, onde se colocará numa base de Estacionamento forçado - a Estação Total Referência;
3. A colocação de alvos prismáticos de pequena dimensão, em numero adequado a cada caso, distribuídos pelos terrenos em redor e cravados em rochas sem gravuras;
4. A execução e registo das medições com Laser visível dos pontos notáveis e dos pontos do contorno dos blocos, que serão georeferenciados em x, y, z;
5. A projecção por Bloco, com todos os pontos da periferia desenhados unindo-os no ponto observado na zona central, criando um polígono - «roda de carroça»;
6. A análise e interpretação dos registos obtidos por uma equipa constituída por geotécnicos especialistas em instrumentação e topógrafos, de modo a permitir avaliar as taxas de evolução dos deslocamentos e enquadrá-las nas variáveis ambientais.

De modo a melhorar as observações, torná-las mais rápidas e eficientes, preconiza-se a utilização de uma Estação Total Robotizada, que evitará o erro humano de pontaria e manuseamento.

A periodicidade da monitorização deverá ser no primeiro ano mensal ou trimestral, diminuindo progressivamente até à anuidade.

No entanto, caso hajam manifestações geológicas relevantes, como sismos ou cheias ou qualquer outro fenómeno de carácter excepcional na zona circundante, deverá proceder-se a observações extraordinárias com uma eventual nova periodicidade a definir caso a caso.

**Acção de conservação**

Após a identificação dos fenómenos de degradação de grande escala – diaclases – e dos de pequena escala – fracturação, fissuração, lascagem e esfoliação – procuraram-se as soluções mais adequadas para a definição de uma intervenção.

As soluções iniciais previam o preenchimento das fracturas / diaclases com materiais argamassados e a colagem de pequenos fragmentos em destacamento.

Na perspectiva de um conservador-restaurador, a definição da metodologia para uma intervenção piloto inicia-se pela identificação dos materiais cuja aplicação garanta características de compatibilidade, reversibilidade, minimalismo e inocuidade.

Nesta perspectiva, procurou-se identificar, seleccionar e caracterizar os materiais a utilizar.

Procuraram-se argamassas compatíveis com as diaclases em presença e prepararam-se resinas adequadas às condições ambientais.

Assim, estudaram-se:

- Resinas epoxidicas
- Ligantes
- Inertes

**1. Caracterização dos materiais – resinas epoxídicas**

Analizou-se a possibilidade da aplicação de duas resinas epoxídicas fluidas para os trabalhos de selagem por injeção, por avaliação das características constantes nas fichas técnicas facultadas pelos fabricantes.

Como o diaclasamento e a fracturação das rochas em estudo são susceptíveis a variações dimensionais, a resina líquida Apogel da Degussa foi excluída.

Foram realizados ensaios unicamente com a resina Epo 150 da CTS, com e sem carga, numa fractura da Rocha Monitorizada por sondas de temperatura no interior da rocha, permitindo ao longo do tempo, controlar o comportamento da resina e correlacioná-las com as variações de temperatura.

No caso específico do Núcleo da Penascosa, considerou-se não serem necessárias acções de consolidação. No entanto, em certos casos existentes no PAVC, poderá vir a ser necessária a colagem ou selagem específica de um determinado fragmento de pedra(s) importante(s) para a conservação de uma superfície gravada.

Resina de epoxi líquida Epo 150 da CTS	Resina de epoxi líquida Apogel da Marca Degussa (Bettor MBT)
Resistência à compressão - 122 Mpa	Resistência à compressão - 80 MPa
	Resistência ao corte - 4,5 MPa (base seca) e 2 MPa (base húmida)
Tracção - 40MPa	Aderência - 3,2 Mpa
Flexão - 100 Mpa	Flexotracção - 60 MPa
Viscosidade do sistema a 25°C - 500-800 mPas.	Viscosidade do sistema a 23°C - 100 mPas
Valores muito superiores ao do material de enchimento de diaclases e aos dos próprios filitos, em mais do dobro.	Não aplicável em fissuras sujeitas a variações dimensionais.

## 2. Caracterização dos materiais – areias

Foram avaliadas várias areias da região, na tentativa de encontrar áreas de empréstimo de materiais locais para a extracção de inertes, adequados à elaboração de argamassas e/ou para o preenchimento das diaclases por materiais atríticos e incoerentes.

Estas areias foram comparadas em termos mineralógicos e granulométricos, com objectivo de legitimar a utilização de areias regionais.

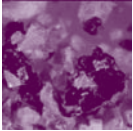
	Areia da praia fluvial da Penascosa	Areia da pedreira da Cogulha	Areia de Cidade Rodrigo	Areia de Vilar Formoso
<b>Grãos monominerálicos</b>	Biotite, moscovite, quartzo, feldspatos e anfíbola	Biotite, moscovite, quartzo e feldspatos	Quartzo, biotite, moscovite e feldspatos	Quartzo
<b>Grãos poliminerálicos</b>	Xisto, granito			
<b>Forma do grão</b>	Angulosos a subrolados	Angulosos a subrolados	subangulosos a subrolados	subangulosos a subrolados
<b>Dimensão</b>	Grosseira a média	Grosseira a média	Média	Média a fina
<b>Observações</b>	Com alguma gradação	Com pouca gradação	Com pouca gradação	Existência de fracção fina
<b>Observação à lupa binocular</b>				

tabela 5 Resumo das características das areias observadas

A maioria dos materiais avaliados mostrou ser de má qualidade em termos mineralógicos. Apenas a areia de Vilar Formoso poderia ser utilizada para o fabrico de argamassas. A sua composição é aceitável; observam-se cristais de quartzo e um material de fracção fina, possivelmente de natureza argilosa que poderia ser problemático na elaboração de argamassas.

Assim, optou-se pela utilização de areias comerciais (APSA) geralmente utilizadas para o fabrico de argamassas, devido à sua maior pureza, maturidade de sedimentos e melhor calibragem.

Para preencher com materiais arenosos de elevada componente atrítica as diaclases abertas, equacionou-se a possibilidade da utilização das areias da praia fluvial da Penascosa. Com este objectivo elaborou-se um gráfico comparativo das curvas granulométricas cumulativas da areia da Penascosa e as das areias comerciais APSA em partes iguais. Evidencia-se que a primeira apresenta valores de uma areia mais grosseira. Na amostra de areia da Penascosa, o coeficiente de uniformidade (Cu), definidos segundo ASTM D 2487 (1993), é menor, o que significa uma distribuição por mais fracções granulométricas. Portanto, a areia APSA apresenta-se melhor calibrada do que a areia da Penascosa, já que são areias seleccionadas pelo produtor.

Assim, a areia autóctone da praia fluvial da Penascosa será recomendável para o preenchimento de diaclases, desde que previamente lavada, por apresentar uma maior gradação granulométrica, ou seja, uma forte componente atrítica.

### 3. Caracterização dos materiais – ligantes

Analisou-se a possibilidade de utilizar três ligantes para o fabrico das argamassas analisando os dados fornecidos pelas suas fichas técnicas.

	Cal hidráulica natural da Lafarge	Cal hidráulica natural "Albazzana" da Degussa	Ligante hidráulico da Tecno Edile Toscana, Ledan C30
<b>Resistência à compressão</b>	1 MPa aos 7 dias 2,7 MPa aos 28 dias	3 MPa aos 90 dias	19 MPa aos 28 dias
<b>Resistência à flexão</b>			7 MPa aos 28 dias
<b>Granulometria</b>	fina a muito fina	fina	fina
<b>Componente salina</b>	SO <sub>3</sub> < 3%	elevada	isenta
<b>Condutividade</b>		500 mS/cm	

Não foi utilizada a cal Degussa por se considerar salina face aos valores de inocuidade exigidos na elaboração de argamassas para a conservação e restauro.

Não se recomenda a utilização da Ledan C30. Os valores de Rc ultrapassam o intervalo de valores recomendados para argamassas de substituição –  $0.6 < Rc < 3$  MPa (Veiga).

Como tal, a cal hidráulica da Lafarge resulta ser o ligante mais adequado para o fabrico de uma argamassa.

### 4. Metodologia da intervenção piloto

Para o desenvolvimento da intervenção piloto de conservação procedeu-se à selecção de uma Rocha Tipo.

A intervenção piloto não foi planificada de forma a responder às necessidades de conservação e/ou estabilização numa determinada rocha. As fracturas/diaclases foram fechadas aleatoriamente sem a prévia avaliação da estabilidade da rocha, ou seja, sem a preocupação de colmatar as diaclases mais instáveis.

A intervenção pretendeu simular um acabamento final com carácter integrador no meio ambiente, cuidando o impacto visual de uma simples acção de conservação.

Sendo assim, as acções de conservação são apresentadas de forma esquemática, sendo ilustradas com imagens exemplificativas das tarefas desenvolvidas:

#### 1. Remoção de plantas superiores nas aberturas das diaclases.

No caso específico, não existiam plantas superiores de grande porte, sendo apenas removido mecanicamente e de uma forma cuidadosa, o tapete vegetal sobre a camada de terra que cobria parte da rocha. No caso de existirem plantas de grande porte com raízes desenvolvidas, a sua remoção deverá ser ponderada pois a estabilidade do bloco poderá estar dependente do calço da raiz. Nestes casos, recomenda-se a secagem da árvore, sem efectuar a sua remoção mecânica, não retirando assim o calço natural do bloco;

#### 2. Remoção de briófitas, líquenes, algas e fungos.

A remoção local da colonização líquénica sobre os painéis com gravuras é normalmente realizada pelo PAVC nas rochas incluídas no circuito de visitas. Recomenda-se que estas remoções não atinjam uma extensão maior do que a superfície gravada de modo a manter nos afloramentos as colonizações endémicas, seguindo o princípio da intervenção mínima.

#### 3. Remoção superficial do preenchimento terroso nas aberturas das fracturas e diaclases.

Removeu-se manualmente o tapete vegetal e terroso que cobria o afloramento. Foi realizada uma limpeza húmida nas fracturas / diaclases existentes para a remoção dos materiais

argilosos, utilizando esponjas, pincéis e escovas de nylon, de forma a permitir a aplicação da argamassa.

Com o objectivo de diminuir o impacto visual da intervenção, após a colocação da argamassa, recolocou-se o tapete de terra sobre as zonas preenchidas.

#### 4. Preenchimento das fracturas e fissuras com argamassa.

Neste trabalho foram testadas duas argamassas com o objectivo de repor o material de enchimento das diaclases, tal e como anteriormente se encontravam, apenas trocando o material de enchimento terroso por uma argamassa estável, que não sofresse variações, em especial com as subidas por vezes torrenciais das águas.

Foi utilizada a seguinte composição:

3 - APSA 30

3 - APSA 50

1 - Carbonato de cálcio

1 – Dolomite

2 – ligante

A proporção utilizada foi de 1:4, variando apenas os ligantes utilizados - Cal Lafarge e Ledan C30.

O carbonato de cálcio e a dolomite foram adicionados na elaboração da argamassa para melhorar sua trabalhabilidade. Utilizou-se uma proporção de carbonato de cálcio, não tanto como inerte, mas como carga para as argamassas de cal. O carbonato de cálcio também é comercial, produzido pela AREIPOR (Calcário Ref<sup>a</sup> Tipo III). Segundo a ficha técnica, apresenta uma granulometria muito fina, com as dimensões de um silte. É muito puro, com quase 100% de CaCO<sub>3</sub>, e valores vestigiais de MgCO<sub>3</sub>, de sílica e alumina. A dolomite tem a vantagem de ser um retardador de presa e prolongar os tempos de trabalho.

O trabalho foi desenvolvido de forma a criar pendentes para escoamento de águas provenientes da encosta. Foi igualmente efectuada a recolocação do material pétreo removido durante a operação de limpeza das diaclases.

#### 5. Reflexão acerca da acção de conservação realizada

Tornou-se necessário reflectir sobre as vantagens e desvantagens da intervenção, concluindo quanto à eficiência das argamassas e das resinas assim como da sua nocividade, criticando os métodos e procurando apresentar modos de os aperfeiçoar.

As diaclases intervencionadas na rocha Tipo não careciam de uma acção de conservação imediata. Apesar de serem susceptíveis ao z, não se encontravam sem preenchimento, pelo que a sua rotura não se afigurava tão iminente. Os resultados de uma monitorização permitiriam avaliar a necessidade de se efectuar uma intervenção de conservação.

O preenchimento das diaclases coincidentes com a estratificação foi parcialmente removido em diferentes profundidades, apenas para se exemplificar uma metodologia de aplicação de argamassas.

Se o preenchimento das diaclases for predominantemente arenoso, não se recomenda a realização de uma acção futura de conservação que substitua enchimentos naturais por artificiais. A única excepção admissível para a sua substituição consiste na remoção do preenchimento argiloso de natureza aluvionar, em diaclases que comprovadamente se encontrem abertas (sem preenchimento), instáveis ou susceptíveis de ficarem submersas pela subida do nível do Côa. Apenas nessa situação, sugere-se o enchimento das diaclases por areias calibradas, fortemente atríticas e com elevada compactidade.

O comportamento destes enchimentos “naturais” deve ser observado no tempo, averiguando da sua capacidade de resistência à subida do rio. Mesmo que se verifique que estes enchimentos são facilmente removidos pelos agentes erosivos, uma simples acção de manutenção conduziria à respectiva recarga periódica.

Aplicar argamassas e injectar resinas em diaclases não constitui uma medida de cariz naturalista, compatível com a escala do tempo geológico, mas antes uma intervenção artificial condicionada pelo intervalo de tempo de algumas gerações humanas. Assim sendo, impõe-se uma reflexão necessária quanto ao caminho a seguir.

## A Equipa de trabalho

Foi definido desde o início pela IN SITU que o projecto a desenvolver exigiria uma equipa interdisciplinar, que permitisse uma abordagem abrangente na leitura e na compreensão do processo em análise. O facto de, neste caso, o objecto de estudo não ser de património arquitectónico, tratando-se de afloramentos rochosos que serviram de base para as gravuras que hoje observamos, levantou novas questões para além das que envolvem uma tradicional obra de conservação e restauro. Assim, estiveram envolvidos neste trabalho técnicos de diversas áreas, que desenvolveram um projecto orientado para a conservação de património natural. O grupo de trabalho foi constituído por:

- **Especialista em conservação e manutenção da pedra em monumentos históricos** – Responsável pela coordenação do estudo/ organização/ elaboração de uma metodologia de trabalho e orientação da equipa. **Fátima de Llera Blanes**.
- **Engenheiro Geólogo especialista em Geotecnia** – Responsável pela avaliação da estabilidade do maciço rochoso onde se insere a rocha 5 e desenvolvimento do plano de monitorização. **Marco Ludovico Marques**.
- **Geólogo** – Responsável pela caracterização do estado de conservação, recolha de material para análise em laboratório para a identificação de anomalias e factores de degradação. **Madalena Rodrigues**.
- **Topógrafo** – Responsável pelo levantamento topográfico e desenvolvimento do plano de monitorização. **Carlos Catita**.
- **Arquitecto** – Responsável pela introdução dos registos efectuados nos desenhos em Corel Draw e Auto-CAD e desenvolvimento gráfico do trabalho. **Luís Fernando Stumpo**.
- **Conservador/Restaurador com especialização na vertente de Arqueologia da Paisagem** – Participação na realização dos mapeamento das formas de degradação. **Marco Alexandre Machado**.
- **Conservador/Restaurador** – Participação na realização da intervenção de conservação piloto. **Alexandre Miguel Sá Viana**.
- **Canteiro/Auxiliar de conservação e restauro** – Participação na realização da intervenção de conservação piloto. **António Nuno Rodrigues Raimundo**.

## Conclusões

No decorrer deste trabalho verificou-se existir instabilidade de blocos quando sujeitos à percolação de um fluxo de água pelas diaclases. Não é possível prever qual o tempo de rotura. Não havendo conhecimento suficiente na conservação de gravuras rupestres em xistos e existindo uma falta de experiência mundial em intervenções neste tipo de situações, a atitude mais sensata será estudar, de modo a criar «um saber de experiência feito». Assim, propõe-se estabelecer um programa baseado em projectos de monitorização específicos dos parâmetros ambientais e dos deslocamentos dos blocos das Rochas.

Em resumo, o estudo permitiu definir um percurso de trabalho com as seguintes fases:

1. Avaliar o estado de conservação dos afloramentos estudados, quer em termos de estabilidade dos blocos que compartimentam o maciço, quer em termos de alteração física e química das superfícies pétreas.
2. Realizar um estudo geotécnico para a avaliação da estabilidade dos afloramentos e da encosta, com o objectivo de,
3. Definir uma metodologia e implementar um programa de monitorização da estabilidade dos afloramentos.
4. Definir e executar uma intervenção de conservação e estabilização ou das rochas gravadas.
5. Prolongar o programa de monitorização após a intervenção de conservação.

Em suma, é necessário diagnosticar para então intervir. Contudo, é essencial monitorizar para diagnosticar.

A continuidade da monitorização após a intervenção permite um acompanhamento da evolução da degradação de modo a intervir atempadamente em resposta a qualquer sinal de alerta.

As fases de trabalho definidas procuram reunir a informação indispensável e necessária, de forma a permitir aos decisores do PAVC a definição de um programa de conservação sustentável, adaptado às condições locais dos afloramentos com gravuras rupestres e aceitável pela comunidade científica internacional.



figuras

fig. 1 Vista geral da zona da Penascosa.

fig. 2 Zona da Penascosa, margem Este do Rio Cõa.

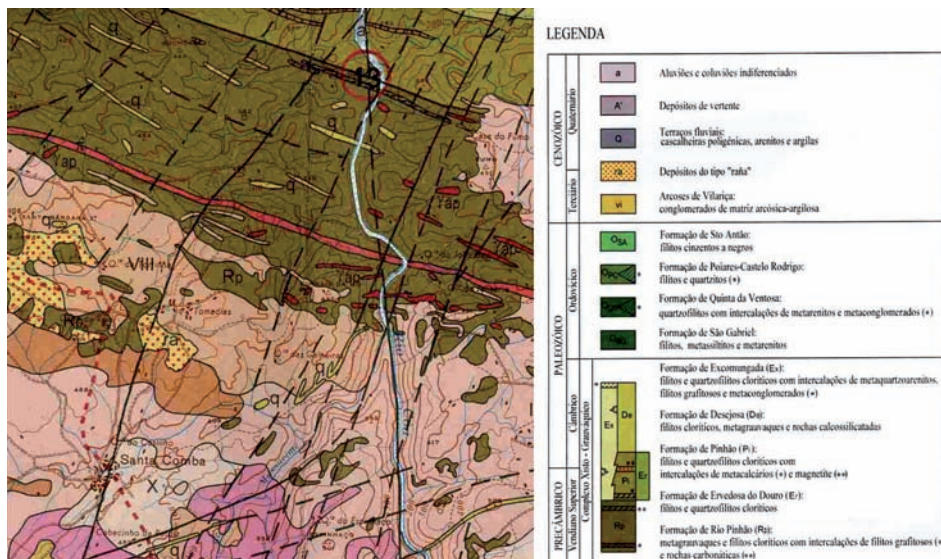


fig. 3 Extracto da Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Cõa. Com o n.º 13 encontra-se assinalada a zona do conjunto da Penascosa.



**fig. 4** Aspecto geral da Rocha-Tipo. Observam-se as três famílias de diaclases ortogonais que cortam o afloramento, definindo paralelepípedos.



**fig. 5** Aspecto geral da Rocha-Tipo 2. Note-se as diaclases, na sua maioria abertas, que afectam este afloramento.



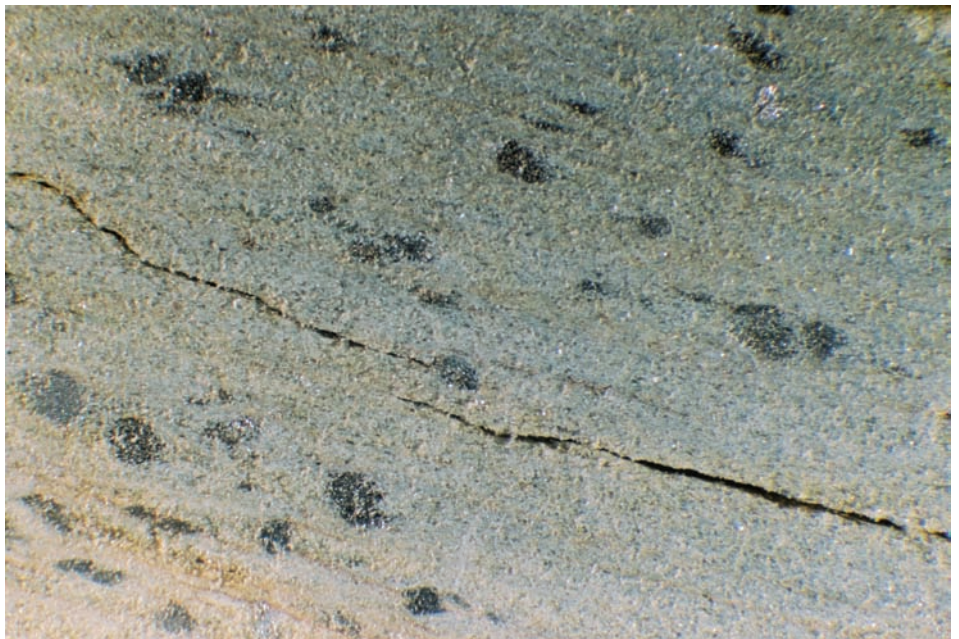
**fig. 6** Aspecto geral da Rocha 3.



**fig. 7** Aspecto geral da rocha monitorizada. Observam-se as três famílias de diaclases ortogonais que cortam o afloramento, definindo paralelepípedos.



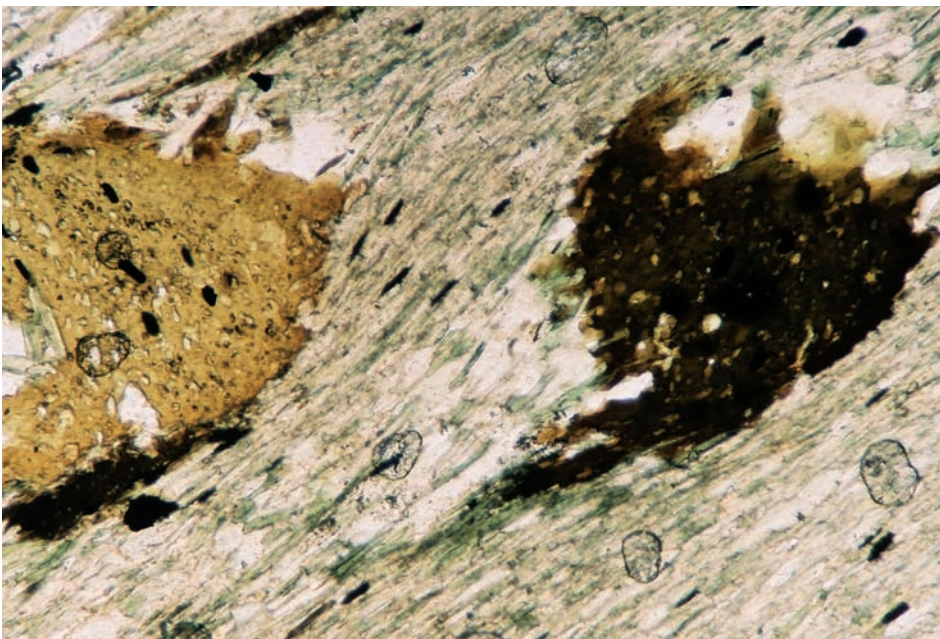
**fig. 8** Aspecto geral da rocha 5. Note-se que os blocos que constituem este afloramento se encontram desconexos.



**fig. 9** Aspecto de uma superfície fresca do filito de textura porfiroblástica; note-se a fractura paralela à estratificação. Observação à lupa binocular (7X).

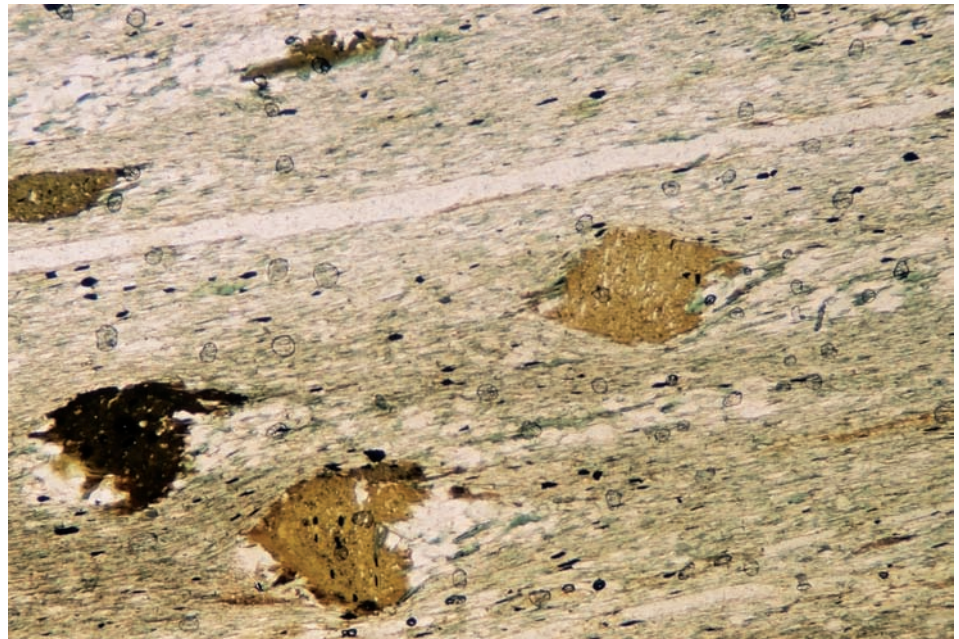


**fig. 10** Aspecto geral do filito de textura porfiroblástica, cristal de biotite ladeado por agregados de cristais de Quartzo. Observação em luz polarizada (LP) da amostra FCAM1 – Rocha 5.



**fig. 11** Pormenor de cristais de turmalina (cristal de cor castanha) que constituem os porfiroblastos. Note-se o aspecto fluidal desta lâmina em especial dos cristais de clorite (cristais de cor verde). Observação em LN da amostra FCAM1 – Rocha 5.

**fig. 12** Aspecto geral do filito de textura porfiroblástica, note-se os óxidos de ferro. Observação em luz natural (LN) da amostra FCAM1 – Rocha 5.



**fig. 13** Amostra mais alterada. Note-se a secção quadrada do mineral opaco no centro da foto correspondendo possivelmente a pirite. Observação em LN da amostra FCAM5 – Rocha com sondas.





fig. 14 Pormenor das concreções de cor branca sobre as gravuras.



fig. 15 Pormenor da presença de líquenes e de fenómenos de picadura à superfície de uma rocha.



**fig. 16** Planta superior desenvolvendo-se a partir de uma fissura.



**fig. 17** Pormenor de diaclase com abertura considerável.



fig. 18 Pormenor de diaclases com várias direcções.



fig. 19 Cartografia das formas de degradação da rocha 3 realizada em CorelDRAW.

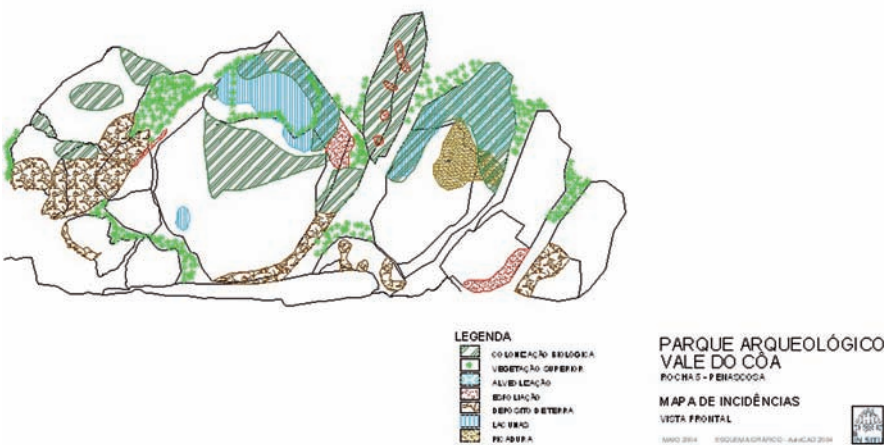


fig. 20 Cartografia das formas de degradação da rocha 5 realizada em AutoCAD.



fig. 21 Medição de atitudes de diaclases nos blocos (B1), (B2) e (B3).

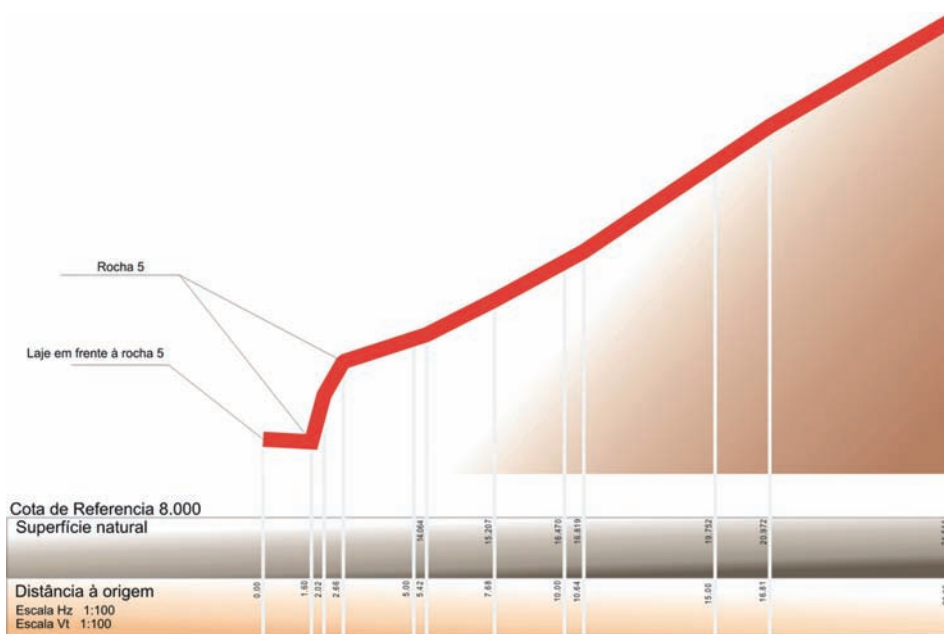


fig. 22 Perfil topográfico de troço da encosta onde se situa o talude a que pertence a rocha 5.

Perfil longitudinal entre 0.00 e 22.95

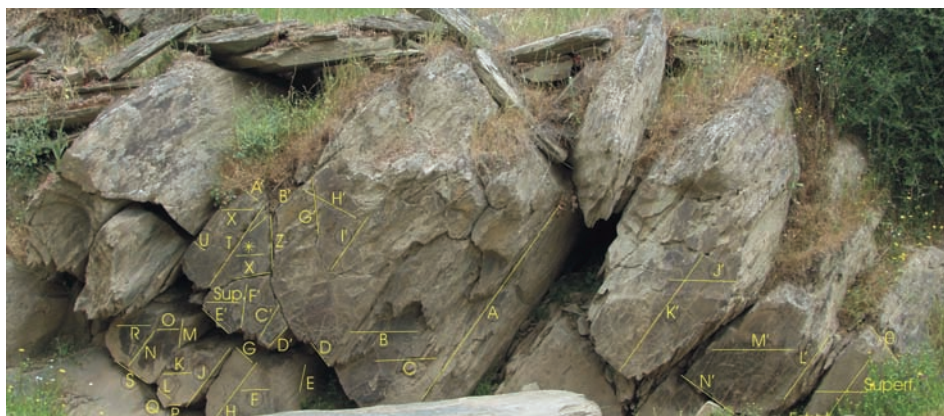


fig. 23 Localização das diaclases medidas na rocha 5.

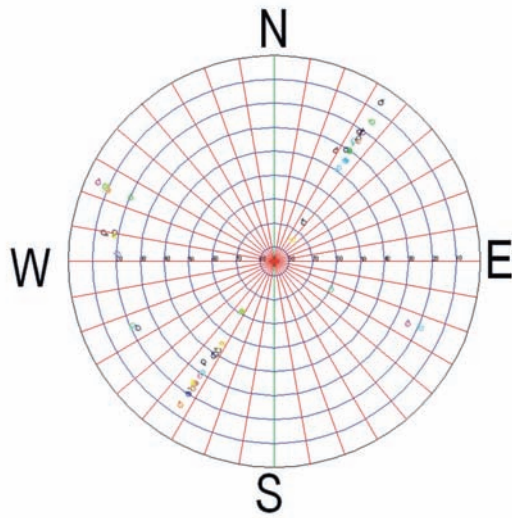


fig. 24 Rede de Schmidt (rede polar de igual área) - projecção dos pólos das atitudes das diaclases/descontinuidades.

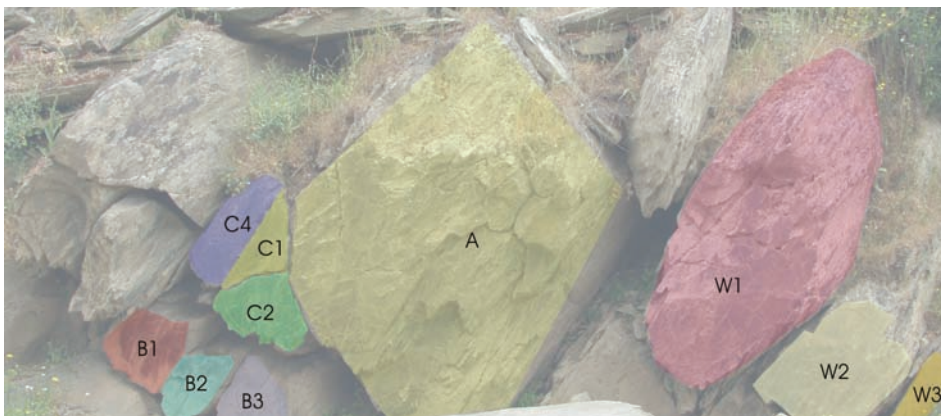


fig. 25 Identificação dos blocos individualizados na rocha 5.

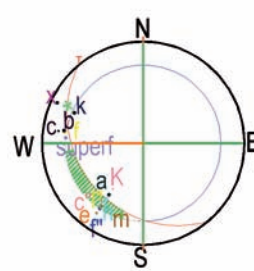
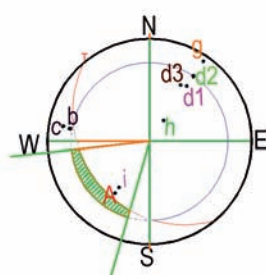
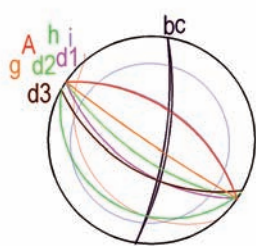


fig. 26 Avaliação aos tipos de rotura, planar e cunha no "Cubo A".

fig. 27 Avaliação à rotura por toppling no "Cubo A".

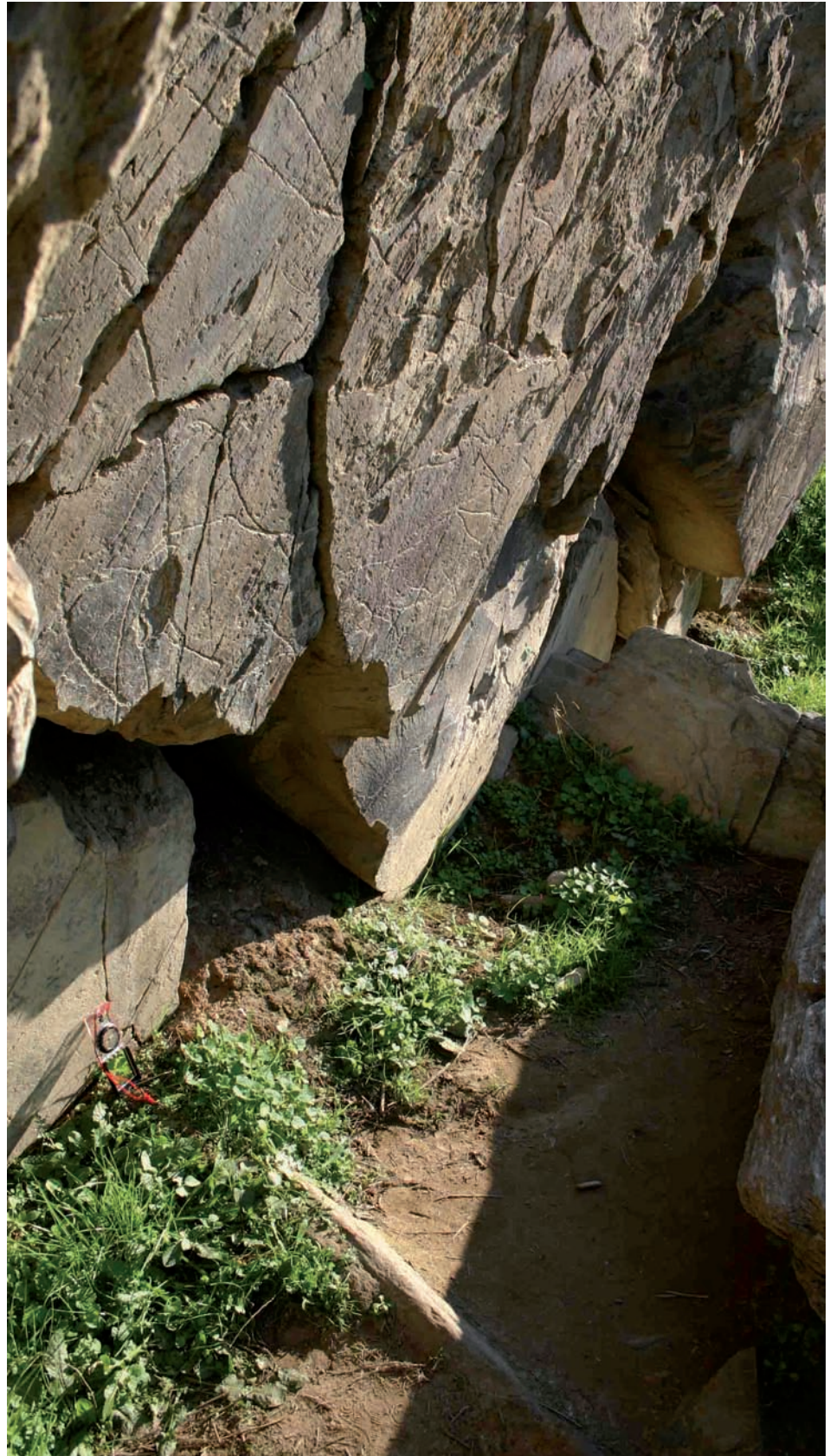
fig. 28 Avaliação à rotura por toppling das atitudes das diaclases na Rocha 5, rocha 6 e a sul desta.



**fig. 29** Disposição geométrica das camadas de estratificação, acima do local da rocha 5 e nesta própria, evidenciando-se o avanço progressivo dos blocos no sentido do topo.



**fig. 30** Acima do local da rocha 5, observa-se uma camada em consola, com inclinação propícia para basculamento.



**fig. 31** Travamento dos blocos da base, outro aspecto S.



fig. 32 Travamento dos blocos da base, aspecto N.



fig. 33 Travamento dos blocos da base, aspecto mais a S.



**Bloco 2**

Dados de campo (metros)				Dados reduzidos do maior valor comum (mm)			
Número	Abcissa	Ordenada	Z	Número	Abcissa	Ordenada	Z
1	107.4249	223.4785	11.2482	1	0,4	2,5	0,0
2	107.4245	223.4789	11.2502	2	0,0	2,9	2,0
3	107.4252	223.4781	11.2507	3	0,7	2,1	2,5
4	107.4266	223.4760	11.2508	4	2,1	0,0	2,6
Média em valores dos dados de campo				107,4253	223,4779	11,25	
Média dos valores reduzidos				0,8	1,9	1,8	
Desvio Desvio Padrão (delta (n-1))				0,9	1,3	1,2	

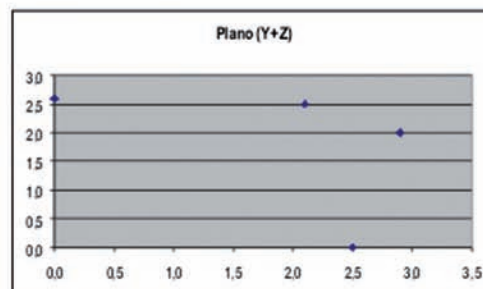
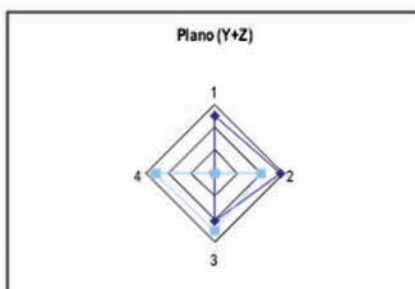
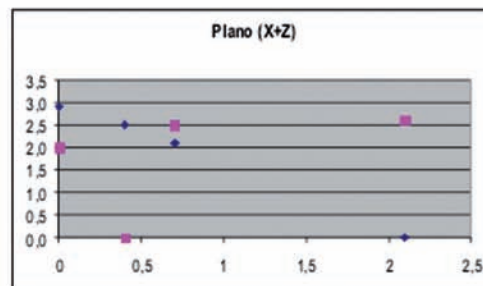
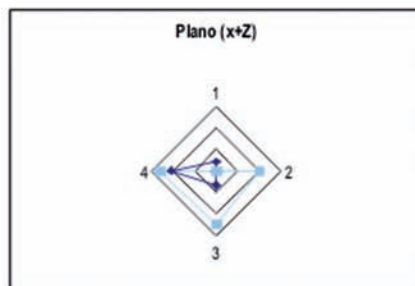
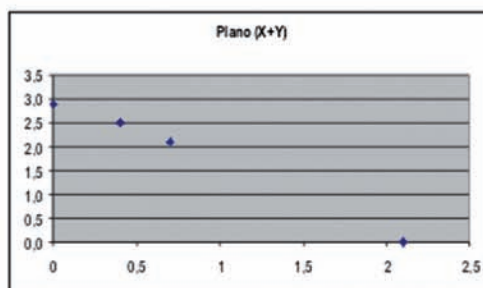
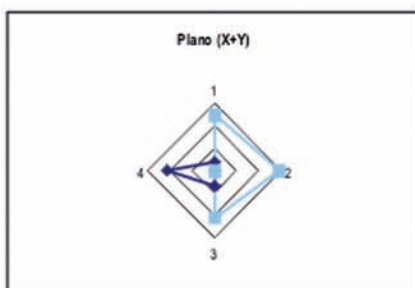


fig. 34 Exemplo da folha de dados executada para o ponto notável de cada bloco. Nesta são apresentadas: as leituras das coordenadas do ponto; a projecção dos valores de X, Y e Z em gráfico circular e em gráfico de dispersão.

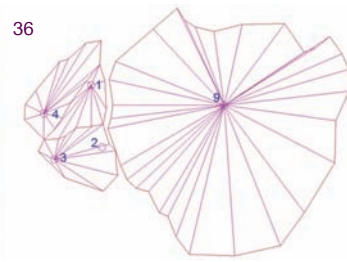


fig. 35 Localização do ponto 2 no bloco 2.

fig. 36 Projecção dos blocos da Rocha 5 em Roda de Carroça.

fig. 37 Base de estacionamento forçado para Estação Total.

fig. 38 Alvo prismático.

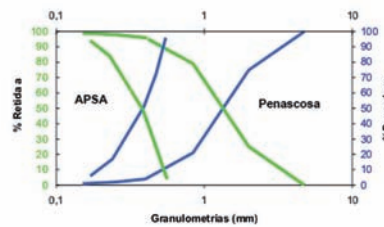


fig. 39 Aspecto da Rocha monitorizada onde se observa a aplicação da resina Epo 150.

fig. 40 Curvas granulométricas cumulativas das APSA e da areia da Penascosa.



fig. 41 Aspecto da Rocha Tipo que mostra a estratificação propícia ao toppling.

fig. 42 Aspecto da rocha Tipo antes da intervenção. Observa-se o enchimento terroso das diaclases coincidentes com a estratificação.



fig. 43 Aspecto da Rocha Tipo mostrando a diaclase sem parte do preenchimento terroso.

**fig. 44** Aspecto da Rocha Tipo onde se visualiza a diaclase com preenchimento terroso antes da remoção.



**fig. 45** Aspecto da Rocha Tipo mostrando a mesma diaclase com preenchimento de argamassa.



**fig. 46** Aspecto da rocha Tipo depois da intervenção, observando-se a abertura das diaclases preenchidas com argamassas de cal Lafarge e Ledan C30.



**bibliografia**

- AIRES-BARROS, L. (1991) – *Alteração e Alterabilidade de Rochas*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Científica.
- ASTM Standard D 2487 (1993) – Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). *Annual Book of ASTM Standards*. [S.l.: s.n.].
- AUBRY, T.; CARVALHO A. F.; ZILHÃO, J. (1997) – Arqueologia: Arte rupestre e pré-história do vale do Côa. In ZILHÃO, J., coord. – *Arte Rupestre e Pré-História do Vale do Côa: Trabalhos de 1995-1996*. Lisboa: Ministério da Cultura. p. 77-195.
- BARTON, N.; CHOUBEY, V. (1977) – The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice. *Rock Mechanics*. Vienna. 1:2, p. 1-54.
- BARTON, N. (1987) – Prediction the behaviour of underground openings in rock. *4th Manuel Rocha Memorial Lecture*. Lisboa: SPG.
- BIENIAWSKI, Z. (1979) – The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications. *Proc. 14th International congress on Rock Mechanics*. Montreux. 2, p. 41-48.
- DEERE, D. U. (1967) – *Geological Considerations. Rock Mechanics in Engineering Practice*. London: Stagg & Zienkiewicz.
- FERNANDES, A. P. B. (2004) – O Programa de Conservação do Parque Arqueológico do Vale do Côa: Filosofia, objectivos e acções concretas. *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Lisboa. 7: 1, p. 5-37.
- FERNANDES, A. P. B. (2005) – Programa de conservação do Parque Arqueológico do Vale do Côa: Primeiros resultados da estação sismológica e da estação metereológica em funcionamento no PAVC. *Côavisão*. Vila Nova de Foz Côa. 7 (Actas do I Congresso de Arqueologia de Trás-os-Montes, Alto Douro e Beira Interior), p. 159-166.
- FERNANDES, A. P. B.; MARQUES, M. A. I.; RODRIGUES, M.; BLANES, F.; COSTA, C. (no prelo) – Estudo das formas de degradação de filitos com gravuras rupestres no Vale do Côa. In *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia*. Évora: Universidade de Évora.
- INMG (1991) – Normais Climatológicas da região de “Trás os Montes e Alto Douro e Beira Interior”, correspondentes a 1951-1980. In *O Clima de Portugal: 3ª Região*. Lisboa: INMG. XLIX:3
- ISRM (1978) – Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* [S/N]. 15, p. 319-368.
- ISRM (1981) – Basic Geotechnical Description of Rock Masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* [S/N]. 18, p. 85-110.
- MURALHA, J. (2002) – Probabilistic Analysis of Toppling Failure in Rock Slopes. In *International Symposium on Rock Engineering for Mountainous Regions*. Funchal: EUROCK 2002. p.187-196.

RIBEIRO, M.L. (2001) – *Carta geológica Simplificada à esc. 1:80.000 do Parque Arqueológico do Parque Arqueológico do Vale do Côa*. Vila Nova de Foz Côa: Parque Arqueológico de Vale do Côa.

RODRIGUES, J.D. (1999) – *Conservação da Arte Rupestre do Parque Arqueológico do Vale do Côa*. [Relatório 241/99 – Gero, LNEC. Trabalho realizado para o PAVC].

ROMANA, M. (1985) – New Adjustment Ratings for Application of Beniaowski Classification to Slopes. In *Proceedings Int. Symp. on the role of Rock Mechanics*. Zacatecas: ISRM, p. 49-53.

ROMANA, M. (1988) – Practice of SMR Classification for Slope Appraisal. In *Proc. 5th Int. Symp. on Landslides*. Lausanne: Ed. Balkema.

ROMANA, M. (2001) – El papel de las clasificaciones geomecánicas en el estudio de estabilidad de taludes. In ALONSO, E.; COROMINAS, J.; CHACÓN, J.; OTEO, C.; PÉREZ, J., eds. *IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. Vol. 3. [S.l.: s.n.], p. 955-1011.

SILVA, A. Ferreira da; RIBEIRO, M. L. (1991) – *Notícia Explicativa da Folha 15-A, Vila Nova de Foz Côa*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.

OLIVEIRA, C. Sousa (1976) – *Dados de base sobre o risco sísmico em Portugal*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil [Relatório integrado nos estudos do domínio do plano de investimentos e do plano de edifícios].

ZILHÃO, J. (1997) – Súmula dos resultados científicos. In ZILHÃO, J., coord. – *Arte rupestre e pré-história do vale do Côa: Trabalhos de 1995 a 1996*. Lisboa: Ministério da Cultura, p. 13 – 28.