

Granitos de Esmolfe e Antas-Matança (Portugal): petrografia e influencia da fracturación no establecemento de áreas potenciais para exploración de granito ornamental

The Esmolfe and Antas-Matança granitic massifs (Portugal): Petrography and influence of fracturing in the establishment of potential areas for ornamental stone quarrying

José Vítor Lisboa¹ e Daniel P. S. de Oliveira¹

Abstract

The present investigation seeks to study the areas with ornamental/dimension stone potential in the Esmolfe and Antas-Matança granitic massif, in central northern Portugal.

Both granites studied are calc-alkaline, undeformed, blue-grey in colour, medium-grained with a slightly porphyritic tendency.

The textural characteristics of the granite massifs are relatively homogeneous although variations do occur. The Antas-Matança facies shows some colour variations and heterogeneity in grain size. The Esmolfe facies is more homogeneous, coarser-grained, and lighter in colour, due to aggregates of feldspar crystals, than the Antas-Matança facies. Superficial alteration of the Antas-Matança facies is greater than in the Esmolfe facies.

Due to the petrographic and textural characteristics of the granite under study, and small defects in terms of dimension stone production, the main limiting factor in defining favourable areas for dimension stone extraction is the fracture density pattern. Hence, this aspect is highlighted.

In the Esmolfe massif, the main fracture orientation is N15-30° W (total population). In this system, 50% of the fracture spacing is < 1m although there is considerable dispersion.

The total fracture population in the Antas-Matança massif shows there to be two main orientation directions 40-50° and 150-160° that are sub vertical in nature. In both sets spacing is < 1m (65% of total).

Fracture spacing in both massifs are considered moderate (1-2.5m) to ample (2.5-6.25m). Comparison of the class frequencies of distance between consecutive fractures shows that the distribution of intervals is similar in both the Esmolfe and Antas-Matança massifs. However, if we compare the average distance frequencies between fractures in the scanlines, the spacing between fractures in Esmolfe appears to be greater than in Antas-Matança. In Esmolfe, one third of the lines studied, the average spacing is < 2m. These factors, in conjunction with the textural homogeneity of the rock, mineralogical characteristics and other factors, such as favourable topographic conditions, easy access and large reserves demonstrate the high ornamental potential of these granites.

The quarrying activity in Esmolfe is intense and chaotic which causes a high negative visual impact. The lack of technical management in the majority of quarries implies that rarely the more promising levels are ever

extracted resulting in the premature closure of the quarry.

The Esmolfe granite is commercialised under various designations of which Cinza (grey) is the more common. It outcrops generally in large boulders that due to their dimension alone allow the installation of the quarries. Alteration profile is generally $< 0.2\text{m}$.

The extraction activity of the Antas-Matança massif is presently restricted to three quarries, being the granite commercialised under the designation Cinza (grey) or Cinzento Antas (Antas grey). The existence of extensive slabs of this facies with a reduced alteration profile creates very favourable conditions for dimension stone extraction.

This study shows that the Esmolfe massif has potential for extraction in four areas located SW of Pedras Altas and S of Ponte do Ferreira. For the Antas-Matança massif 5 areas are proposed, namely the outcrops nearby Pisão, Lameira area (station A24), Antas and Abrocedo areas.

The importance of this study is clearly shown not only for territorial land planning uses, in the selection and hierarchisation of potential areas but also to better plan exploration methodologies (e.g. use of georadar or percussion drilling), if the raw material warrants it.

Key words: Massif, granite, ornamental stone, fracturing, potential area.

(1) INETI (Centro de Dados Geológicos)/Ex-Instituto Geológico e Mineiro, Apartado 7586, 2721-866 Alfragide, Portugal

INTRODUÇÃO

Os maciços graníticos de Esmolfe e de Antas-Matança situam-se na região centro-norte de Portugal, entre as cidades de Viseu e Guarda (fig. 1A) e ocupam uma área total de cerca de 31km².

O maciço granítico de Esmolfe, aflorante numa área de aproximadamente 12km², tem forma sub-circular e apresenta uma estreita faixa a NE, por vezes com menos de 0.5km de largura, que prolonga para SE até ao maciço granítico de Antas-Matança, o qual exhibe uma forma elíptica alongada. Este, cobrindo uma área de cerca de 19km², tem 10km de comprimento segundo o eixo maior, orientado E-W, e largura máxima de 2.5 a 3km (Fig. 1).

Os granitos que constituem os dois maciços – granito de Esmolfe e granito de Antas-Matança, têm características texturais distintas, mas do ponto de vista genético (idade e composição mineralógica), são semelhantes, sendo englobados e definidos (GONÇALVES *et al.* 1990) numa mesma fácies, o *granito de Celorico-Matança*, de granularidade média, com duas micas e tendência porfiróide.

Este trabalho apresenta um refinamento das principais conclusões expostas em trabalho prévio por Lisboa & Oliveira (2003). O presente trabalho tem como objectivo o estudo e definição de áreas com potencialidades para produção de rocha ornamental, em ambos os maciços, visto o granito que os constitui apresentar características ornamentais.

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

Os maciços de Esmolfe e Antas-Matança inserem-se paleogeograficamente na Zona Centro-Ibérica (LOTZE 1945) e enquadram-se num extenso maciço de granitos calco-alcálicos, não deformados, orientados segundo NW-SE, que se estende por mais de 200km.

O *granito de Celorico-Matança*, datado de 252 ± 9 M.a. pelo método de Rb-Sr, rocha total (PINTO *et al.* 1987) é segundo a classificação proposta (FERREIRA *et al.* 1987), pós-orogénico relativamente à fase F₃ (3ª fase de deformação hercínica com compressão máxima NE-SW), atribuída ao Namuriano-Vestefaliano médio (DIEZ BALDA *et al.* 1990). Na área estudada, faz contacto com grani-

tos tardi a pós-orogénicos, acentuadamente porfiróides e mais ricos em biotite (GONÇALVES *et al.* 1990), (Fig. 1). Estes granitos têm geralmente granularidade grosseira, excepto na zona sul dos corpos, onde apresentam granularidade média.

Recortando a mancha granítica de Esmolfe, ocorre um tipo moscovítico, de granularidade fina e com estrutura filoneana, de orientação NE-SW.

No maciço de Antas-Matança, junto à localidade de Forcado, ocorre um pequeno plutonito (1.5 x 0.6km na maior dimensão) de granularidade fina e *fabric* inequigranular (GONÇALVES *et al.* 1990); esta fácies engloba-se num conjunto de pequenos corpos graníticos, pré-orogénicos (granitos de Forcadas, Almeidinha, Fuinhas e Cortiço) de granularidade fina a fina/média e uma heterogeneidade textural acentuada internamente e entre eles (GONÇALVES *et al.* 1990; AZEVEDO 1996).

Os maciços em apreço estão ligados, junto ao Rio Dão, pelo *granito de Vila Cova do Covelo*, de carácter sin-tectónico relativamente à fase F₃ (FERREIRA PINTO 1983; GONÇALVES *et al.* 1990).

As rochas metassedimentares anteriores à actividade ígnea, em contacto com a fácies Celorico-Matança, restringem-se a três pequenos afloramentos câmbricos, situados nos bordos E, W e S do maciço de Antas-Matança. O bordo N deste maciço, faz contacto em grande parte com quartzitos finos, xistos metapelíticos e grauwques metamorfiçados, atribuídos ao Ordovício (TEIXEIRA 1981; GONÇALVES *et al.* 1990).

Geomorfologicamente ambos os maciços se situam numa faixa de erosão regular inclusa na plataforma do Mondego, limitada pelas fracturas tardi-hercínicas de orientação NNE-SSW entre Verín-Penacova e Bragança-Unhais da Serra (BRUM FERREIRA 1978). A plataforma encontra-se nesta área em estado avançado de degradação registando-se relevos residuais circunscritos, que atingem 665 e 704m, respectivamente nos maciços de Esmolfe e de Antas-Matança. O relevo na área é condicionado pela existência de linhas de água de orientação NE-SW, concordantes com a orientação das fracturas. Este aspecto é mais evidente no maciço de Esmolfe. Os contactos do granito de Antas-Matança, com outros granitos genética e texturalmente distintos, são geralmente bem marcados, traduzindo-se a nível topográfico, em zonas relativamente aplanadas nos

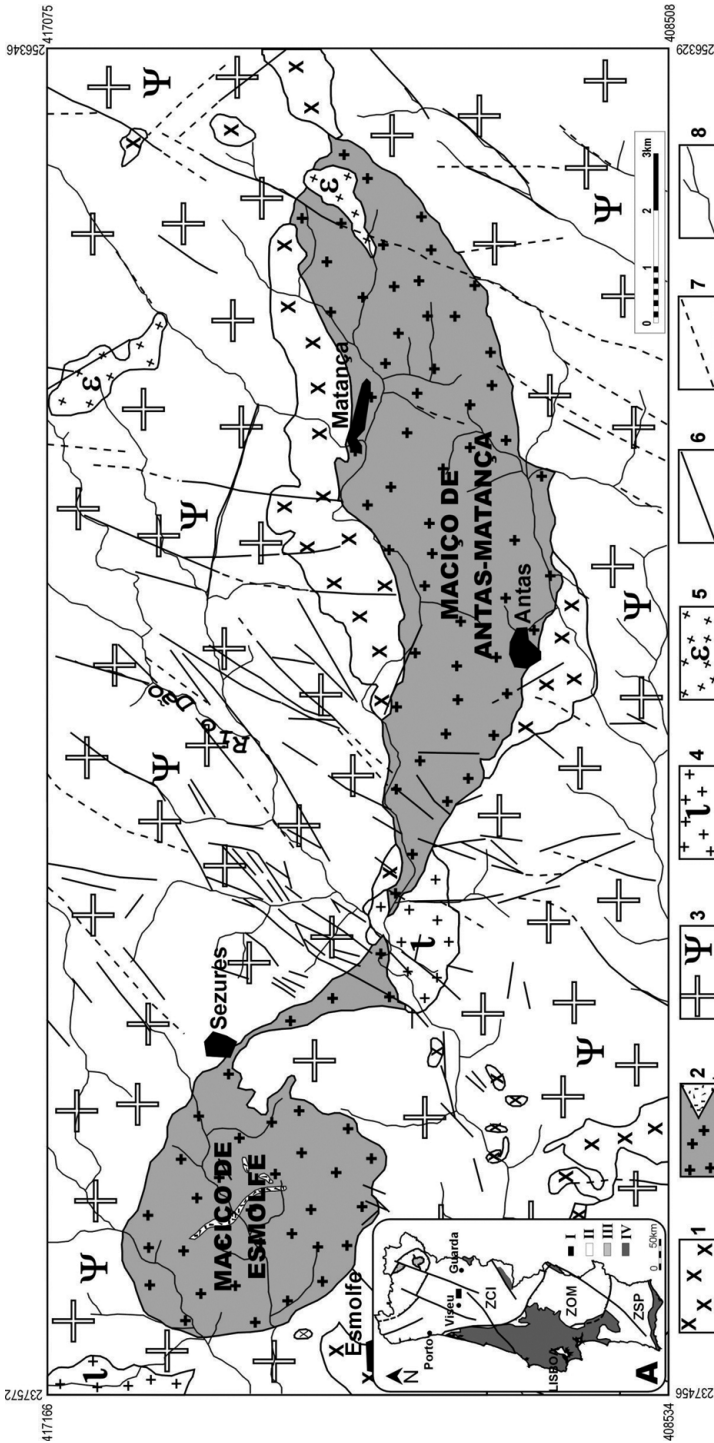


Fig. 1. A - Localização.
 I. Área estudada; II. Maciço Hespérico; III. Terrenos alóctones; IV. Bacias sedimentares; ZCI: Zona Centro Ibérica; ZOM: Zona de Ossa Morena; ZSP: Zona Sul Portuguesa.
 Enquadramento geológico dos maciços de Esmolfe e de Antas-Matança.
Metassedimentos do Paleozóico: 1 - Xistos argilosos, quartzitos e grauwauques
Rochas graníticas: 2 - Pós-tectónicas a F₃ (Maciços de Esmolfe e Antas-Matança); * Aplogranito muscovítico; 3 - Tardi a pós-tectónicas a F₃; 4 - Síntectónicas a F₃; 5 - Pré-tectónicas a F₃; 6 - Falha; 7 - Falha interpretada; 8 - Linha de água.
 (Modificado de GONÇALVES *et al.* 1990).

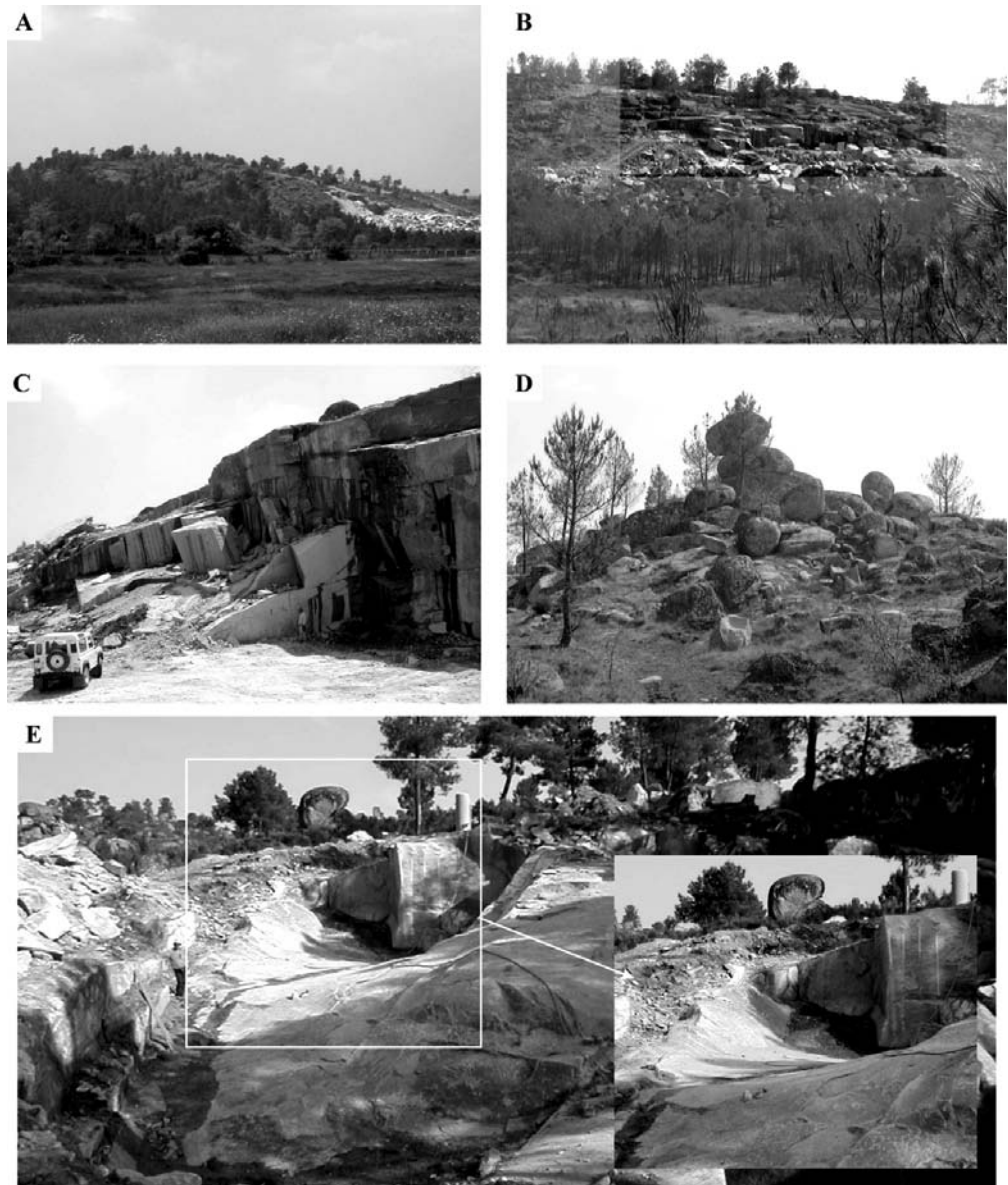


Fig. 2. Aspectos morfológicos nos maciços de Antas-Matança e Esmolfe: A- estrutura dômica isolada em Matança; B- aproveitamento das fracturas de descamação para extracção de blocos, no mesmo local; C- pormenor das fracturas cujo espaçamento por vezes permite obtenção de blocos; D- forma tipo nubbin em Forcadas (Antas-Matança); E- fractura originando estrutura sinforma em Esmolfe (Homem à esquerda como escala).

granitos mais antigos, de granularidade mais fina, contrastantes com os relevos mais acentuados, no granito de Antas-Matança, de granularidade grosseira.

A morfologia granítica caracteriza-se pela coexistência de penedos, blocos e dômas, em ambos os maciços (Fig. 2). As últimas formas são frequentemente condicionadas por fracturas de descamação (VIDAL ROMANÍ & TWIDALE 1998; TWIDALE & VIDAL ROMANÍ 2005) ou *sheeting*, que assumem particular influência no maciço de Antas-Matança, onde deram origem a uma forma tipo *bornhardt*. Neste maciço observou-se também uma forma residual correspondente a um pequeno

doma granítico coberto de blocos, de tipo *nubbin*.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

Geoquimicamente, tanto o granito de Esmolfe como o granito de Antas - Matança são sienogranitos peraluminosos consoante a sua classificação (DEBON & LEFORT 1983; DE LA ROCHE *et al.* 1980), respectivamente (Figs 3A e B) baseado em análises químicas de elementos maiores por fluorescência de raios-X (Quadro 1).

O granito de Esmolfe (fig. 4A), é composto por quartzo, feldspato (microclina e plagioclase), biotite ± clorite, moscovite, sericite, rútilo e zircão. Como

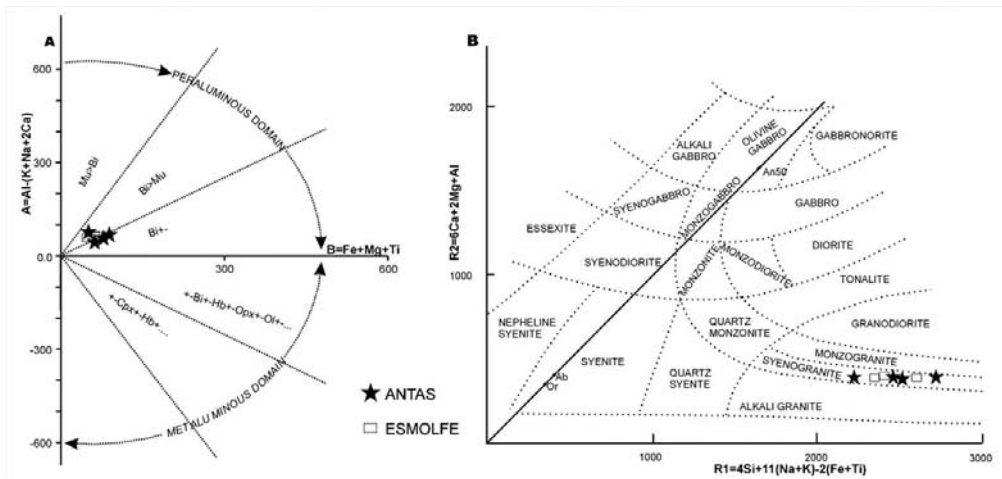


Fig. 3. Classificação geoquímica dos granitos de Esmolfe e Antas-Matança. A) Classificação consoante Debon e Lefort (1983) e B) Classificação consoante de la Roche et al. (1980).

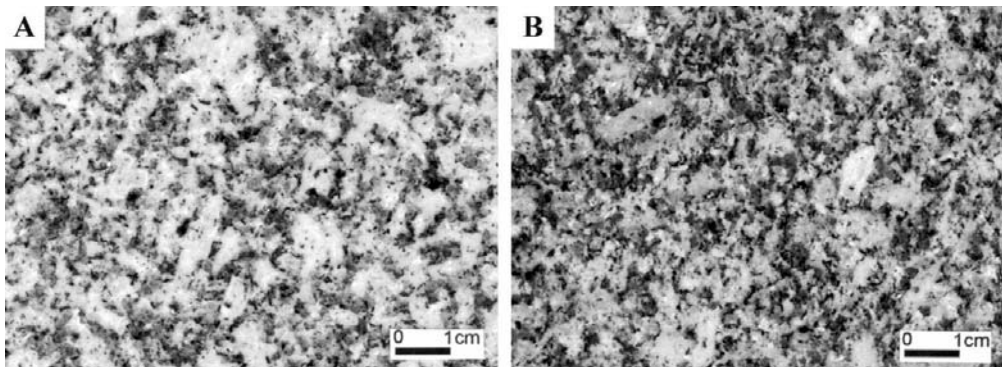


Fig. 4. Texturas típicas das regiões de Esmolfe e de Antas-Matança (amostras em chapa polida). A) Granito de Esmolfe na pedreira Albugranitos. B) granito de Antas-Matança na pedreira da Incoveca.

fase acessória de óxidos contém ilmenite disseminada ao longo das superfícies de clivagem da biotite.

O quartzo é tipicamente anédrico, com extinção ondulante localizada, que coexiste com grãos sem extinção ondulante.

Os feldspatos podem apresentarem-se ligeiramente alterados. Esta alteração é evidenciada por bordos corroídos e alteração sericitica no núcleo. Neste granito, predominam feldspatos não alterados. Algumas zonas com textura mirmequítica foram também observadas. Os feldspatos, de cor branca leitosa, podem atingir 15mm de comprimento. As micas observadas (biotite, moscovite e sericite) são subédricas a anédricas. A biotite pode apresentar alteração estreita nos bordos (2-3 μ m). Foi observada em algumas lâminas delgadas, alteração incipiente da biotite para clorite. O tamanho dos grãos da biotite varia entre 30 μ m e 1.4 mm, nas amostras estudadas. A moscovite, menos abundante do que a biotite, mostra cristais (>700 μ m de largura), que são cortados por vênulos muito finos de quartzo, que mantém ainda a sua continuidade ópti-

ca. Os bordos da moscovite, tal como os dos feldspatos, são corroídos.

A sericite, pouco frequente, apresenta cristais com dimensão superior a 1mm, e ocorre intersticialmente em relação ao quartzo e feldspato.

O granito de Antas-Matança (Fig. 4B) apresenta essencialmente a mesma mineralogia do granito de Esmolfe, embora tenham sido observados 3 grãos de cassiterite, além da ilmenite.

Microscopicamente, o granito de Antas-Matança apresenta textura hipidiomórfica granular, sendo composto por microclina (42%) pertítica e poicilítica, quartzo (31%) e plagioclase (18%). Os minerais acessórios são biotite e moscovite (total de 8%), zircão e rútilo, sericite e clorite como minerais de alteração (MOURA *et al.* 1996; RAMOS *et al.* 1997). Em lâmina delgada, este granito apresenta cristais de feldspato menores do que o granito de Esmolfe (podem atingir 6mm de comprimento). Estes estão intensamente alterados para sericite no seu núcleo. A sericite ocorre de duas formas: como

Elementos maiores

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	TOTAL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Antas 1	72,35	13,57	4,34	0,052	0,33	0,83	3,22	4,56	0,202	0,23	0,30	99,99
Antas 2	70,03	13,99	3,92	0,047	0,31	0,78	3,26	5,08	0,197	0,24	1,34	99,19
Antas 3	74,45	13,86	2,16	0,039	0,32	0,82	3,25	4,40	0,205	0,24	0,75	100,48
Antas 4	72,98	13,52	2,81	0,043	0,32	0,88	3,43	4,78	0,203	0,24	0,95	100,16
Esmol 1	72,56	14,12	2,81	0,038	0,29	0,75	3,25	5,38	0,201	0,24	0,86	100,50
Esmol 2	73,70	13,66	2,76	0,040	0,32	0,86	3,37	4,43	0,210	0,22	0,91	100,49
Esmol 3	72,32	13,94	3,37	0,043	0,31	0,84	3,41	4,80	0,195	0,26	0,79	100,27

Elementos menores

Amostra	Ba	Sr	Y	Sc	Zr	Be	V
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Antas 1	243	50	22	3	124	5	-5
Antas 2	275	52	23	4	132	4	10
Antas 3	239	50	24	3	127	6	10
Antas 4	244	52	25	4	120	6	7
Esmol 1	276	51	20	3	121	3	6
Esmol 2	209	48	21	4	126	3	10
Esmol 3	215	47	21	3	116	3	5

Quadro 1. Análises químicas por fluorescência de raios-X para os granitos de Antas-Matança (Antas) e Esmolfe (Esmol). Valores negativos de V indicam abaixo do limite de detecção do aparelho analítico.

produto de alteração dos feldspatos e como produto de alteração da biotite.

FRACTURAÇÃO

A relativa homogeneidade das fácies graníticas estudadas, em termos petrográficos e texturais, implica que a fracturação, seja o principal factor condicionante da sua aptidão ornamental, razão pela qual lhe é dada maior importância neste trabalho.

O reconhecimento inicial do estado de fracturação dos maciços estudados foi efectuado com o auxílio de fotografias aéreas na escala 1:15.000, visando a identificação do padrão de fracturação regional, e a delimitação dos domínios menos fracturados. A compartimentação do corpo intrusivo e as características das diaclases, tornam mais frequente o afloramento de lajes em Antas-Matança e penedos ou bolas de grande dimensão, na área de Esmolfe.

Reconheceram-se outros aspectos, que influenciaram na selecção dos alvos potenciais: situações de topografia mais adequada, vias de acesso e proximidades de povoados.

Os fotolineamentos detectados, correspondem a descontinuidades compreendendo diaclases, falhas ou zonas de falha e filões.

As direcções regionais de fractura em Esmolfe, embora variáveis, apresentam as seguintes orientações preferenciais: NE, N-S e NW.

No domínio de Antas-Matança, existe a predominância de orientação de fracturas NE a NNE, NNW, E-W e N-S.

Metodologia aplicada

O estudo do padrão de fracturação na escala de afloramento, ou seja, a orientação e densidade dos sistemas principais de diaclases, foi efectuado com base na amostragem sistemática de descontinuidades, seleccionando-se os locais considerados mais adequados, correspondentes a estações. Esta amostragem foi feita com base no estabelecimento de linhas de observação (*scanlines*), segundo a técnica de amostragem linear (*Scanline Sampling Technique*) descrita previamente (PRIEST & HUDSON 1981; HUDSON & PRIEST 1983; ISRM 1978, 1981) e Brady & Brown (1985). Em Portugal, esta técnica

tem sido aplicada em contextos geotectónicos e geotectónicos distintos (*e.g.*, LAMAS, 1989; DINIS DA GAMA *et al.* 1992; CHAMINÉ & GASPAR, 1995). As *scanlines* são orientadas preferencialmente perpendiculares ao principal sistema de diaclases. Sempre que os afloramentos o justificavam e permitiam, realizaram-se pelo menos duas *scanlines* perpendiculares entre si.

No maciço de Esmolfe consideraram-se 17 estações, designadas E1 a E17 (Fig. 5). No maciço de Antas – Matança realizaram-se *scanlines* em 23 estações de um total de 27 (A1 a A27, Fig. 6).

O espaçamento entre descontinuidades é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a aptidão ornamental da rocha num maciço, indispensável para o cálculo da célula unitária e estudo da blocometria (GARCÍA, 1995). No entanto, a sua estimativa nem sempre é directa, devido ao frequente condicionamento da direcção segundo a qual é efectuada a amostragem, não sendo sempre possível escolher as direcções perpendiculares aos principais sistemas de diaclases. Assim, nestes casos foram obtidas distâncias e não espaçamentos.

O efeito da orientação das *scanlines*, na estimativa do espaçamento entre diaclases sub-paralelas consecutivas (L), foi corrigido com base numa relação trigonométrica (LA POINTE & HUDSON 1985), onde: $L = a \cos q$, em que q é o ângulo entre a *scanline* e a perpendicular às diaclases consecutivas, e a é o comprimento medido.

Este efeito, pode assim ser corrigido, mas a dispersão de orientações das diaclases ao longo de uma mesma linha não permite o cálculo de todos os espaçamentos numa *scanline*.

O espaçamento médio entre diaclases (ISRM 1978; PRIEST & HUDSON 1981), embora facilmente quantificável, tem um significado relativo, devido a factores como a assimetria das distribuições ou a ocorrência de diaclases sub-paralelas, agrupadas (*clusters*), as quais, quando muito próximas, falseiam o valor médio real. Para reduzir a perturbação induzida por estes factores no cálculo do espaçamento médio, recorreu-se a outros parâmetros.

A análise dos espaçamentos dos principais sistemas de diaclases em cada estação (Quadros 1 e 3; Figs. 5 e 6), consistiu na verificação de valores máximos e mínimos e cálculo da média aritmética e mediana, esta última mais robusta do que a média e menos sensível aos dados *outliers* de cada distribuição.

Para avaliar a dispersão dos espaçamentos, calculou-se o desvio-padrão e, para comparar as dispersões em diferentes linhas de observação, optou-se por utilizar a dispersão relativa ou coeficiente de variação ($CV=100*s/m$), que expressa o desvio-padrão como percentagem do valor médio.

A densidade de fracturação foi estimada pela frequência de diaclasamento, o número de diaclases por unidade de comprimento (ISRM 1978; HUDSON & PRIEST 1983). Esta, por si só, não permite uma avaliação do potencial ornamental da rocha, pois um valor elevado não implica em uma fraca qualidade ornamental. A situação existe, quando ocorrem sistemas de diaclases muito próximas (<0.5 m), alternadas com espaçamentos maiores.

Calculou-se ainda o produto das médias dos espaçamentos em *scanlines* ortogonais entre si, sempre que existiam unicamente dois sistemas sub-verticais, de modo a obter a área média entre descontinuidades.

Na estimativa dos parâmetros referidos, não foi considerada a fracturação sub-horizontal. A razão para o facto deve-se à escassez de locais onde fosse possível obter um mínimo de dados significativos (normalmente pedreiras, que exceptuando a pedreira da *Incoveca*, em Antas, são muito pouco profundas) para tratamento estatístico, conjugada com um padrão de afloramento (relevo suaves) que em geral inviabiliza esta amostragem e ainda pela constatação da irregularidade destas descontinuidades, em termos de traço e/ou espaçamento. Contudo, em cada estação, sempre que observadas, estas descontinuidades foram registadas e consideradas na selecção das áreas com interesse para a extracção de rocha ornamental ou industrial.

O estudo da direcção e magnitude de eventuais deslocamentos superficiais nas diaclases fornecem informação sobre a sua origem e deformação a que foram sujeitas. Para detectar pequenas deslocções em diaclases fechadas ou com abertura muito reduzida, correlacionou-se, sempre que possível, marcadores (cristais) do granito em lados opostos do traço da diaclase. Os filões e inclusões máficas, também servem como marcadores passivos que registram o movimento ao longo das diaclases (SEGALL & POLLARD 1983).

A observação conjunta dos parâmetros obtidos fornece indicações qualitativas e quantitativas sobre o estado de compartimentação da rocha num local ou em uma pequena área envolvente. Deste modo,

é possível inferir as características da fracturação e avaliar os locais estudados em termos de aptidão ornamental.

Finalmente, a análise da compartimentação dos dois maciços graníticos, juntamente com as características de alteração da rocha, à escala dos afloramentos, permitiu fazer uma selecção das áreas, que apresentam maior potencialidade para instalação de pedreiras, com vista à exploração de granitos como rocha ornamental.

Resultados e discussão

Registaram-se as principais características das descontinuidades observadas em ambos os maciços que se apresentam sucintamente:

Nos afloramentos verifica-se uma heterogeneidade bastante elevada nos espaçamentos entre diaclases, com valores máximos observados de 17m.

A persistência das diaclases nos sistemas principais é de acordo com classificação proposta por ISRM (1978), em geral elevada (10-20m).

A abertura das diaclases varia, de acordo com a classificação ISRM (1978), de fechada (0,1-0,25mm) a cerca de 30cm, valor no intervalo de classe extremamente aberta (10-100cm), com a maioria delas apresentando aberturas inferiores a 1mm, ou seja entre fechadas e moderadamente abertas (2,5-10mm).

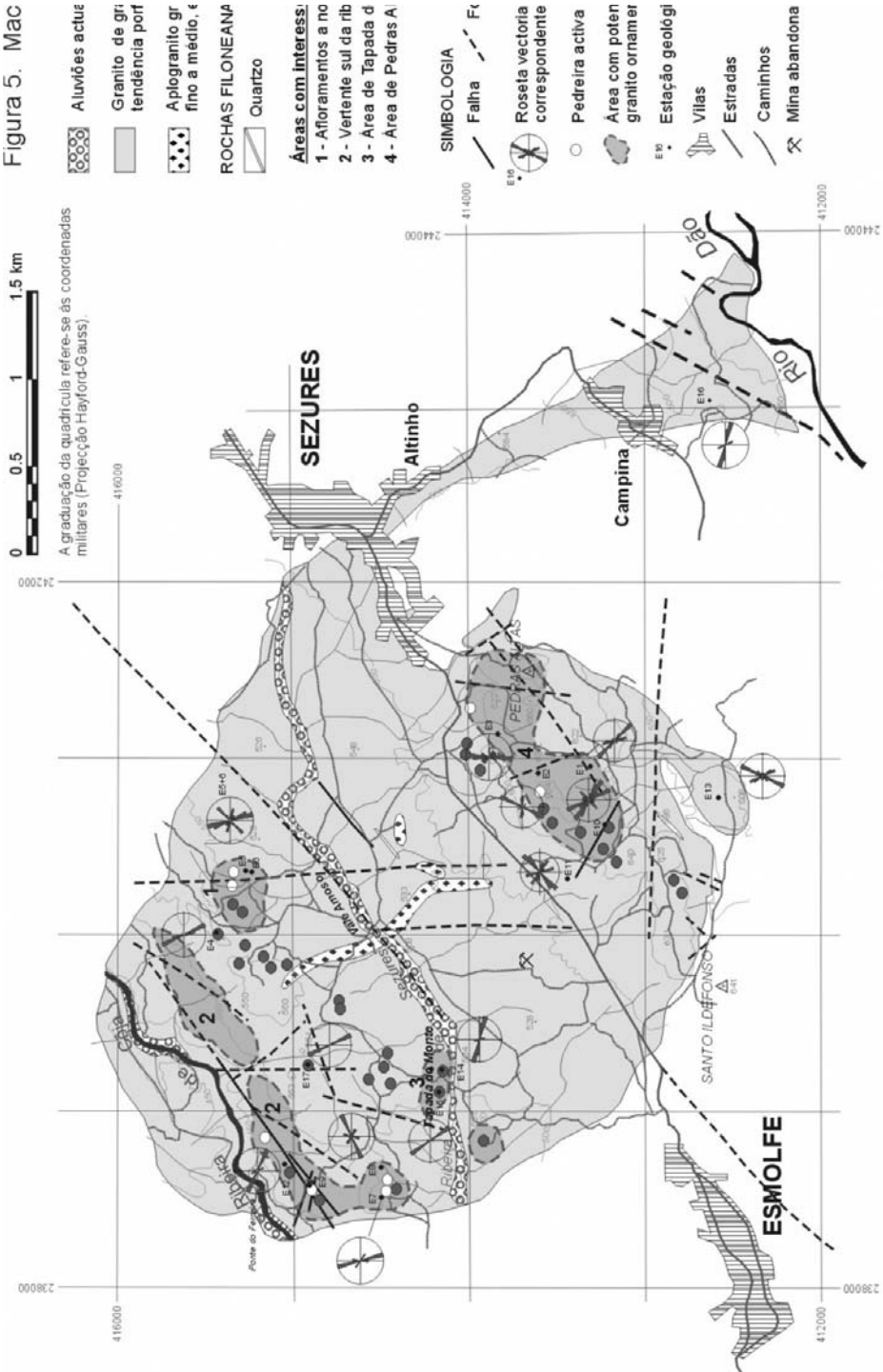
Maioritariamente, as descontinuidades não têm preenchimento.

Quanto à rugosidade (ISRM, 1978), as descontinuidades são maioritariamente planares e lisas ou ondulantes e suaves; são também frequentes descontinuidades estriadas, ondulantes e planares.

O diaclasamento sub-horizontal é geralmente irregular, com espaçamento muito variável, que tende a diminuir rapidamente com a profundidade. A contribuição destas descontinuidades para a definição do bloco natural é mais evidente no maciço de Antas-Matança.

Relativamente ao factor deslocamentos nas diaclases, a sua avaliação, em ambos os maciços, não revelou deslocamentos discerníveis macroscopicamente. Esta observação indica que o deslocamento tangencial relativo, se ocorreu, foi menor do que a dimensão do grão. As observações de campo evidenciam que, a maioria das diaclases estudadas, não são qualificadas como sendo resultantes de cisalhamento.

Figura 5. Mac



Na área estudada, as diaclases formaram-se inicialmente como fracturas de distensão (*dilatational fractures*).

A localização das estações (Figs 5 e 6) mostra a onde foram colhidos os dados estruturais e as rosetas vectoriais com a frequência das superfícies de fractura.

Maciço de Esmolfe

No maciço de Esmolfe, as diaclases mais frequentes (Fig. 7) têm orientação azimuthal geográfica 150-165°; os pendores são elevados, maioritariamente sub-verticais, embora se verifique uma tendência para o quadrante NE. Identificam-se, com menor frequência, descontinuidades com orientação 15-30° e entre 90-150° com esta última exibindo uma dispersão elevada. As inclinações destas fracturas são superiores a 60°, com predomínio de sub-verticais.

A importância da orientação de fractura 150-165°, com pendores de 80-90°, ao nível da população total, confirma-se pela ocorrência de sistemas com esta direcção, em 16 de 22 linhas consideradas,

seja como sistemas principais ou secundários (LISBOA & OLIVEIRA 2003).

Neste sistema, apesar da dispersão acentuada, 50% dos espaçamentos observados são inferiores a 1m (Fig. 8A). Os intervalos de espaçamento propostos estão de acordo com a classificação para rochas graníticas (fig. 8B) apresentada por GARCÍA (1995); para identificar agrupamentos de fracturas muito próximas, modificou-se o intervalo definido como espaçamento reduzido (< 1m), no qual passam a ser considerados espaçamentos inferiores a 0.3m e compreendidos entre 0.3 e 1m.

Os espaçamentos entre diaclases dos principais sistemas têm, na maioria, variação elevada, havendo portanto irregularidade no espaçamento (LISBOA & OLIVEIRA 2003).

As diaclases sistemáticas, ou seja, aquelas que se agrupam em famílias (geralmente planares e com orientação constante) são as que têm geralmente maior influência no tamanho do bloco natural. Em Esmolfe, as diaclases não sistemáticas (tendência irregular e com formas curvas ou concoidais) nos níveis superficiais, têm maior importância do que em Antas-Matança. Por isto, o padrão de afloramen-

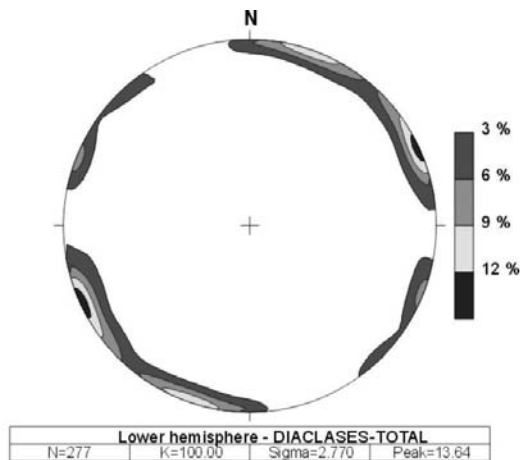


Fig. 7. Estereograma dos dados obtidos em todas as estações de Esmolfe. Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior). Contornos a 3-6-9-12%.

to consiste em formas predominantemente arredondadas (blocos), onde se evidencia uma tendência frequente, da rocha se fracturar em superfícies curvas.

As descontinuidades sub-horizontais, devido à sua irregularidade, nomeadamente ao nível da curvatura que apresentam, definindo antifomas e sinformas, têm espaçamentos muito variáveis e confundem-se por vezes com as diaclases não sistemáticas. Também o padrão de afloramento aliado ao facto da quase totalidade das pedreiras existentes explorarem apenas níveis superficiais, dificulta a obtenção de dados em número significativo que permitam a sua caracterização. No entanto, é admissível globalmente, um aumento de espaçamento médio em profundidade. Os espaçamentos máximos entre estas descontinuidades observados em Esmolfe, embora sempre muito irregulares, foram

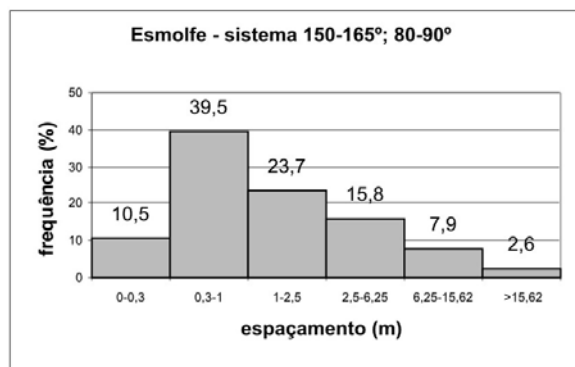
de 4 e 5m, respectivamente nas estações E9 e E3 (Fig. 5)

Os dados relativos às distâncias entre descontinuidades no maciço de Esmolfe são apresentados no quadro 2. Aqui também se mantém a tendência irregular, ao longo das *scanlines*.

No maciço de Esmolfe, os melhores locais observados, quanto à fracturação (espaçamento, tipo de descontinuidade, orientação), encontram-se na área das estações E16, E5, E6 e E7 (Fig. 5).

As estações E6 e E7, particularmente, evidenciam a existência de diaclases com espaçamento reduzido, alternando-se com espaçamentos muito amplos a extremamente amplos (ver classificação na Fig. 8B). Esta tendência (Quadro 2) é demonstrada por fortes assimetrias positivas das distribuições (média >> mediana).

Noutros locais, referidos no ponto 5.1.3 e assi-



Tipos de espaçamento de diaclases

Intervalo (m)	Espaçamento
0 - 1	Reduzido
1 - 2.5	Moderado
2.5 - 6.25	Amplo
6.25 - 15.62	Muito amplo
> 15.62	Extremamente amplo

B

Fig. 8. A) Histograma de frequência dos espaçamentos entre diaclases, observados no sistema principal à superfície, no maciço de Esmolfe; os intervalos de classe foram modificados a partir da classificação anexa. B) Tipos de espaçamento de diaclases segundo intervalos (rochas graníticas) definidos a partir dos tamanhos comerciais mínimos para blocos extraídos de qualidade standard (García et al., 1995).

nalados na figura 5, observam-se espaçamentos entre fracturas dentro do intervalo amplo ou superior a este (Fig. 8B), porém o padrão de afloramento impediu o traçado de linhas.

Maciço de Antas-Matança

A análise da população total de diaclases deste maciço mostra a existência de dois sistemas predominantes de direcções: 40-50° e 150-160°; os pendo-

res das superfícies de diaclases dos dois sistemas e demais superfícies observadas são, na maioria, sub-verticais. No sistema 40-50°, existe uma tendência dos mergulhos para o quadrante NW (fig. 9). Verifica-se uma terceira família com direcção aproximada E-W, que está sobretudo relacionada com a ocorrência de veios e filões de orientação similar. Existe alguma dispersão no diaclasamento segundo a direcção NE.

As orientações de falhas mais frequentemente

Estação	Azimute	μ_a	DP	CV	Mediana	Mínimo	Máximo	N	L	fF
E1	20*	1.71	1.5	0.88	1.09	0.17	5.52	20	34.1	0.59
	110	2.43	1.47	0.60	2.78	0.5	3.65	4	9.7	0.41
E2	170	2.55	2.84	1.11	1.25	0.1	6.6	6	15.3	0.39
	110*	1.21	1.21	1.00	0.98	0.2	5.6	20	24.2	0.83
E3	90	3.09	2.4	0.78	2.90	0.75	6.45	7	21.6	0.32
	160*					2.65	8.85	2	11.5	0.17
E4	50	0.75	0.51	0.68	0.90	0.1	1.7	12	9	1.33
	60	2.23	1.64	0.74	2.00	0.25	4.15	11	24.55	0.45
E5	25*	4.05	3.2	0.79	3.34	1	8.54	6	24.3	0.25
	120	3	2.16	0.72	2.35	1.2	6.1	4	12	0.33
E6	65	4.8	6.53	1.36	1.05	0.5	16	6	28.8	0.21
E7	100*	2.64	4.63	1.75	0.85	0.1	13.9	9	21.1	0.43
	20*	6.38	10.45	1.64	0.65	0.05	18.45	3	19.15	0.16
E8	150*	0.78	1.06	1.36	0.34	0.02	3.75	16	12.46	1.28
	60*	1.54	1.27	0.82	1.14	0.59	3.85	9	13.89	0.65
E10	60*	0.99	1.55	1.57	0.50	0.15	6.3	13	13.5	0.96
	90*	1.7	2.01	1.18	0.65	0.05	5.05	8	13.4	0.60
E11	140	2.14	2.01	0.94	1.10	0.15	6.05	10	21.4	0.47
	55*	1.78	1.11	0.62	1.50	0.42	3.19	10	17.81	0.56
E11a	60	1.77	1.61	0.91	1.33	0.05	3.85	6	10.6	0.57
	10*	1.52	0.83	0.55	1.60	0.4	2.45	7	11.5	0.61
E12	20	1.17	0.67	0.57	1.00	0.45	2.3	10	11.65	0.86
E12a	20*	2.47	1.9	0.77	2.75	0.65	5.82	8	17.26	0.46
E13	125*	1.58	1.54	0.98	0.90	0.25	5.65	19	30	0.63
	40	1.88	1.11	0.59	1.71	0.47	3.48	6	11.28	0.53
E14	22	0.95	0.77	0.81	0.68	0.20	3.20	20	18.95	1.06
E15	50	2.51	3.00	1.19	1.00	0.25	8.70	7	17.6	0.40
E16	10	3.80	4.98	1.31	2.25	0.45	12.60	5	19	0.26
	100					2.40	11.60	2	14	0.14
E17	65	1.20	0.97	0.81	0.70	0.50	2.80	6	7.2	0.83

Quadro 2. Distribuição estatística das observações nas scanlines do maciço de Esmolfe. (μ_a) média aritmética, (DP) desvio padrão da média aritmética, (CV) coeficiente de variação, mediana, (N) número de intersecções, (L) comprimento da scanline, (fF) frequência da fracturação. * Valores de espaçamento corrigidos.

observadas, são 205°: 80° a subvertical e 90°: 75-85°. Verificam-se ainda algumas falhas de orientação NW, subverticais.

O sistema 40-50° ocorre em 64% das estações, o que evidencia a sua persistência em toda a área estudada (LISBOA & OLIVEIRA 2003).

A principal direcção de fractura corresponde, em princípio, à superfície de partição mais favorável da rocha e, portanto, à orientação que o desmonte deverá seguir.

Apesar de uma relativa homogeneidade ao nível regional, existe heterogeneidade na distribuição das descontinuidades, mesmo em pequena escala, como se constata da análise dos diagramas das estações individuais.

Os histogramas de frequência dos espaçamentos entre diaclases, observados nos dois sistemas principais (Figs 10A e B), permitem concluir que os espaçamentos são maioritariamente reduzidos, pois as fracturas que possuem espaçamento menor do que 1m correspondem a cerca de 65% do total. Em consequência, o sistema 40-50°, principalmente, penaliza algumas áreas.

A orientação relativa entre os sistemas de fracturas é um factor igualmente importante, com a situação mais favorável, ocorrendo quando existem dois sistemas principais ortogonais sub-verticais e um horizontal. Com relação aos sistemas sub-ortogonais, nenhuma das estações apresenta situação ideal. A estação 15 (Fig. 6) é aquela onde a orienta-

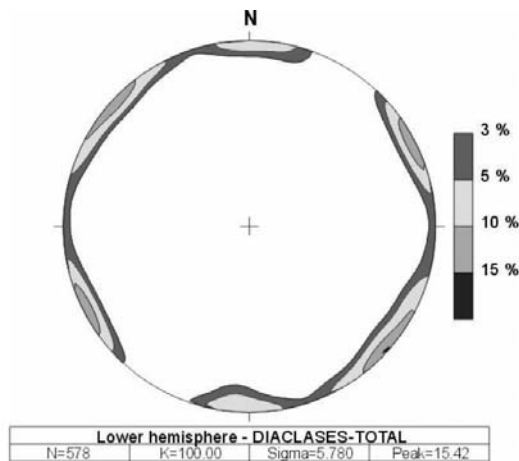


Fig. 9. Estereograma dos dados obtidos em todas as estações de Antas-Matança. Diagrama de contornos de densidade (rede de Schmidt – hemisfério inferior). Contornos a 3-5-10-15%.

ção se mostra mais desfavorável, com um ângulo de cerca de 20° entre os sistemas principais (fig. 11).

O diaclasamento sub-horizontal apresenta espaçamento muito variável, desde 30cm (Abrocedo) até mais de 5m (e.g. Antas), tendendo sempre a aumentar com a profundidade. Frequentemente, estas descontinuidades limitam zonas de rocha meteorizada, por alteração química, correspondentes aos níveis entre fracturas mais superficiais. Podem também condicionar a ocorrência de fácies graníticas cujas características cromáticas são devidas a um grau de alteração que se manifesta homogeneamente, como se refere no ponto 5.2.

No maciço de Antas-Matança (Fig. 6), embora globalmente sejam irregulares os espaçamentos nos sistemas de diaclases (LISBOA & OLIVEIRA 2003) e, conseqüentemente, também as distâncias entre fracturas ao longo das *scanlines* (Quadro 3), é possível constatar que as áreas correspondentes às estações A24, A15, A12, A6 e A23 (Fig. 6; Quadro 3), são aquelas que respectivamente apresentam maiores distâncias.

Nomeadamente, na estação A24 (Fig. 6; Quadro 3), onde no conjunto dos perfis se observam as maiores distâncias médias, três dos quais apresentam as menores frequências de fracturação registra-

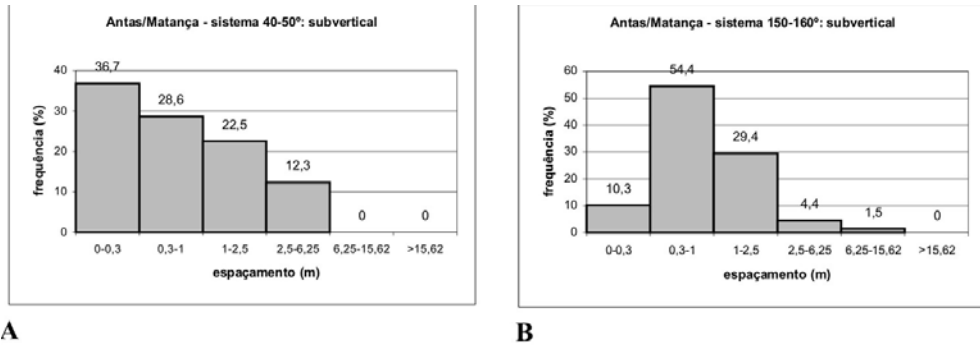


Fig. 10. A) e B) Histogramas de frequência dos espaçamentos entre diaclases, relativos aos dois sistemas principais observados no maciço de Antas-Matança.

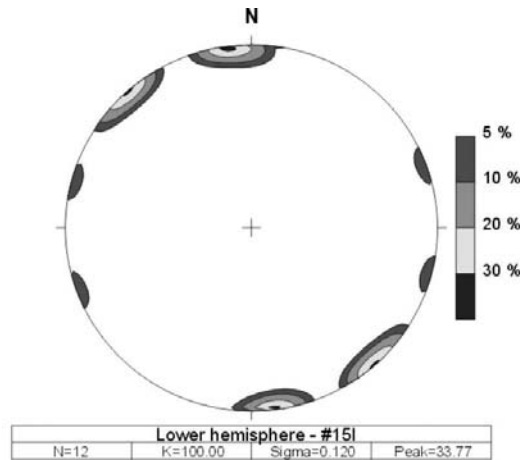


Fig. 11. Diagrama de contornos de densidade relativo aos pólos das fracturas na estação A15 (rede de Schmidt – hemisfério inferior). Contornos a 5-10-20-30%.

das. Os elevados desvios-padrão são devidos à amplitude das distâncias. Porém, se forem considerados os valores de dispersão relativa, estes evidenciam a tendência de distâncias amplas entre fracturas. O perfil A24lc, 305° (Quadro 3), apresenta simetria negativa da distribuição (mediana > média), indicando assim que os espaçamentos maiores são mais comuns. O espaçamento entre diaclases sub-horizontais é por vezes superior a 5m.

Na estação A151 (Fig. 6; Quadro 3), as distribuições são praticamente simétricas, com frequência de fracturação reduzida, reflectindo confiança no valor da média. A estação A231 (Fig. 6; Quadro 3), embo-

ra com menores distâncias médias entre fracturas, apresenta também razoável simetria da distribuição.

Na estação A61, perfil A61a, 90° (Fig. 6; Quadro 3), com elevado desvio-padrão, outros parâmetros (coeficiente de variação, mediana e frequência de fracturação) confirmam o valor médio, evidenciando que as distâncias entre fracturas são maioritariamente elevadas. O espaçamento entre as fracturas de descamação, de curvatura suave, é reduzido nos níveis superficiais desta estação: cerca de 1m entre as três primeiras fracturas. O espaçamento parece aumentar com a profundidade, verificando-se uma distância de cerca de 2m entre a terceira e quarta

Estação	Azimute	μ_a	DP	CV	Mediana	Mínimo	Máximo	N	L	fF
A2I	0	1,57	0,99	0,63	1	0,8	3,2	8	11	0,73
	90*	2,16	2,63	1,22	0,83	0,09	6,5	12	25,6	0,47
A5I	325	0,93	0,68	0,73	0,8	0,1	2,45	10	8,35	1,20
	50	0,64	0,4	0,63	0,55	0,25	1,35	10	5,8	1,72
A6Ia	0	4,8	4,77	0,99	3,75	0,15	13,35	6	28,8	0,21
	90*	8,84	9,39	1,06	8,84	2,2	15,48	3	18,3	0,16
A6Ib	90*	1,76	2,13	1,21	1,31	0,25	9,45	19	32,1	0,59
	0*	2,34	1,79	0,76	2,24	0,36	6,12	8	20,7	0,39
A6Ic	70	0,88	0,73	0,83	0,6	0,1	2,7	16	13,2	1,21
A6Id	0	1,3	0,92	0,71	1,15	0,4	2,85	6	6,5	0,92
	90	0,74	0,62	0,84	0,47	0,1	1,71	9	5,95	1,51
A7Ia	325	1,06	0,7	0,66	0,95	0,5	2,95	11	10,6	1,04
	48	0,76	0,4	0,53	0,7	0,35	1,55	17	12,2	1,39
A7Ib	15*	1,28	1,54	1,20	0,74	0,11	5,6	13	17,4	0,75
A8I	305	0,68	0,56	0,82	0,5	0,1	2,8	27	17,55	1,54
	20*	1,02	0,36	0,35	1,05	0,42	1,53	7	8	0,88
A10Ia	50	2,9	1,94	0,67	2,5	0,6	6,6	8	23,2	0,34
A10Ib	352	1,57	1,15	0,73	1,5	0,4	3,95	15	23,6	0,64
	270*	0,9	1,11	1,23	0,38	0,11	3,7	10	10,1	0,99
A12Ia	30*	4,06	4,08	1,00	1,81	0,18	10,51	10	44	0,23
A12Ib	20*	1,32	1,15	0,87	0,9	0,06	4,89	17	32,7	0,52
	100*	2,02	3,35	1,66	0,24	0,09	10	13	25,3	0,51
A12Ic	165					2,9	9,8	2	12,7	0,16
	75					5,3	9,2	2	14,5	0,14
A14I	325	0,86	0,88	0,89	0,7	0,15	3,15	17	14,7	1,16
A15I	52	6,6	2,51	0,38	6,65	3,5	9,6	4	26,4	0,15
	140	2,5	2,05	0,82	2,28	0,3	6,2	9	22,5	0,40
A18I	95	1,05	0,83	0,79	0,8	0,1	2,65	17	16,8	1,01
	8	0,88	0,53	0,6	0,85	0,1	2,15	25	21,1	1,18
	20	1,44	0,92	0,64	1,3	0,2	3,3	18	24,5	0,73
	110	3,41	4,37	1,28	0,6	0,1	11,6	8	23,9	0,33
A22I	0	2,66	2,72	1,02	1,95	0,17	12,06	24	61,2	0,39
	90*	1,25	1,41	1,13	0,85	0,1	5,3	22	29	0,76
A23I	5	3,3	2,71	0,82	2,9	0,2	8,6	10	33	0,30
	90	2,53	2,62	1,04	1,93	0,25	8,7	9	20,2	0,45
A24Ia	330	6,4	6,46	1,01	3,6	1	17	5	32	0,16
	70*	4,13	2,99	0,72	3,2	1,72	10,5	8	30,2	0,26
A24Ib	330	9,5	6,89	0,73	9,4	3,2	16	4	38	0,11
	55	5	4,03	0,81	4,05	1,4	10,5	4	20	0,20
A24Ic	305	2,87	1,82	0,63	3,2	0,35	5,55	6	17,2	0,35
	35					5,7	6,5	2	12,2	0,16
A25I	26*	1,03	0,9	0,87	0,9	0,2	3,56	15	15	1,00
	0	7,33	1,31	0,18	7,8	5,85	8,35	3	22	0,14

Quadro 3. Distribuição estatística dos dados colectados na região de Antas-Matança. (μ_a) média aritmética, (DP) desvio padrão, (CV) coeficiente de variação, mediana, (N) número de intersecções, (L) comprimento da scanline, (fF) frequência da fracturação. * Valores de espaçamento corrigidos.

fracturas (Fig. 2. C). Devido à curvatura que estas descontinuidades apresentam, observa-se uma variação acentuada mesmo em espaçamentos registados numa mesma estação.

A forte assimetria positiva da distribuição do perfil A12lb, 100° (fig. 6; Quadro 3), onde se verifica uma mediana muito baixa evidencia a ocorrência de *clusters* de fracturas muito próximos; em contrapartida, a dispersão relativamente alta em conjunto com frequência de fracturação baixa, indica ocorrência de espaçamentos amplos (classificação na Fig. 8B), aos quais se deve o valor da média aritmética.

Este espaçamento tende a aumentar com a profundidade, como pode ser observado numa das pedreiras de Antas (Incoveca), onde o espaçamento médio entre as fracturas, em duas das frentes do piso mais profundo em laboração, é de 4m (Fig. 12). Esta mesma tendência verifica-se igualmente na fracturação sub-horizontal com espaçamentos de cerca de 2m entre as fracturas mais superficiais e superior a 5m no último piso em laboração (Fig. 12)

Aspectos comparados

O histograma de frequência (Fig. 13A) das distâncias entre diaclases consecutivas, em *scanlines* efectuadas nos principais afloramentos dos dois maciços.

Comparando os intervalos de classe propostos, verifica-se que a sua distribuição é relativamente similar em Antas-Matança e Esmolfe, predominando os espaçamentos reduzidos (0.3-1m). No entanto, comparando-se a frequência das distâncias médias entre fracturas nas *scanlines*, no conjunto, o diaclasamento em Esmolfe parece ser ligeiramente mais espaçado do que em Antas-Matança, como pode ser observado no histograma correspondente, (Fig. 13B). Este facto deve-se, fundamentalmente, à frequência de espaçamentos muito reduzidos (0-0.3m) no maciço de Antas-Matança, que baixam as distâncias médias entre as fracturas. Em Esmolfe, num terço das linhas efectuadas, não se observam espaçamentos médios inferiores a 2m.

Este aspecto da fracturação é responsável em Antas-Matança, pela maior assimetria das distribuições e menor correlação linear entre a média e a mediana.

Os intervalos de espaçamento, segundo a classificação apresentada (Fig. 8B), são maioritariamente moderados a amplos, em ambos os maciços.

A média das frequências de fracturação calculadas em Esmolfe (0.64), também é menor que do que em Antas-Matança (0.94).

No quadro 4 apresentam-se as áreas médias entre as fracturas, nas estações de ambos os maciços, que satisfazem as condições referidas anteriormente para a determinação deste parâmetro. O erro associado ao cálculo da área média é elevado, possibilitando apenas uma vaga estimativa do seu valor; no entanto, as áreas observadas em estações como a E16 e A24lc, confirmam o potencial daqueles locais. Considerando-se que os espaçamentos entre as fracturas sub-horizontais são em geral superiores a 1.5m, o bloco natural obtido naquelas áreas atinge frequentemente dimensões superiores a 20m³.

ACTIVIDADE EXTRACTIVA

Maciço de Esmolfe

O granito deste maciço, embora texturalmente homogéneo, apresenta ao nível da cor, pequenas variações macroscópicas. Verificam-se, em algumas áreas, entre os vértices geodésicos (v.g.) de Santo Ildefonso e Pedras Altas, pedreiras onde a tonalidade mais escura do granito é devida a cor acinzentada do feldspato.

A rocha aflora geralmente em penedos, cuja dimensão permite, por vezes, a instalação de pedreiras (Fig. 14). A espessura de alteração é em geral inferior a 20cm.

Este granito é comercializado sob várias designações, sendo *Cinza*, a mais comum.

Ao longo do vale da ribeira de Sezures, numa faixa de orientação aproximada NE, a escassez dos afloramentos deve-se à cobertura aluvionar e a maior espessura de alteração. Isto também ocorre ao longo de uma faixa que se prolonga para SW de Sezures até ao rio Dão, à excepção do extremo SW (estação E16).

Cabe ainda mencionar a existência de uma antiga exploração mineira, em filões, no vale da ribeira de Sezures (Fig. 5).

As características físico-mecânicas deste granito apontam para a sua utilização tanto em interiores como em exteriores (MOURA & MARTINS 1983).



Fig. 12. Aspecto geral da pedra da Incoveca, em Antas. Notar a diminuição da densidade de fracturação do topo para a base da pedra, onde há quase ausência de fracturas.

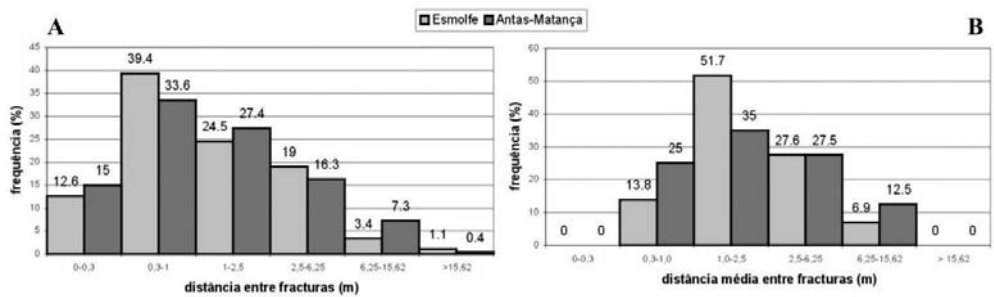


Fig. 13. A) Histograma de frequência das distâncias entre fracturas consecutivas, em scanlines efectuadas nos principais afloramentos, em ambos os maciços. B) Histograma de frequência das distâncias médias entre fracturas, observadas na totalidade das scanlines, em Esmolfe e Antas-Matança.

4A

Estação	Azimutes	Amed
E16	10; 100	26,60

4B

Estação	Azimutes	Amed
A2l	0; 90	3,39
A5l	325; 50	0,6
A6ld	0; 90	0,96
A7la	325; 48	0,81
A12lb	20; 100	2,67
A18l	20; 110	4,9
A24lc	305; 35	17,5

Quadro 4. Produto das médias dos espaçamentos entre fracturas (Amed) em scanlines ortogonais ou sub-ortogonais entre si; A) maciço de Esmolfe, B) maciço de Antas-Matança.

Estado actual de exploração do maciço

No maciço de Esmolfe verifica-se uma profusão de pequenas pedreiras (Fig. 5), como já tinha sido observado (Moura *et al.* 1996). Devido à morfologia dos afloramentos e à ausência de planeamento, a extracção resume-se na maior parte das vezes, ao aproveitamento dos penedos superficiais, não existindo qualquer critério baseado em estudos geológico-mineiros, para a exploração adequada daquelas pedreiras. Da ausência dum plano de lavra adequado, resultam assim situações de sub-aproveitamento da pedreira, insegurança e por vezes inviabilização de áreas promissoras (Fig. 15).

Presentemente, o núcleo principal da actividade concentra-se numa faixa de orientação NE, ao longo de uma encosta de declive suave, exposta a SE, entre o rio Côja e a ribeira de Sezures. Na encosta exposta a NW, de maior declive, apenas existem pedreiras nas imediações da Ponte do Ferreira (Fig. 5). Isto deve-se à existência de um caos de blocos, com condições de desmonte menos favorável do que a encosta a SE. Apenas as duas principais pedreiras, extraem pedra para bloco. As restantes extraem pedra para cubos.

A outra área de incidência das explorações, também com orientação NE, situa-se entre os v.g. de Santo Ildefonso e Pedras Altas. Aqui todas as

pedreiras, de pequenas dimensões, estão em flanco de encosta com declive acentuado. A pedra extraída, destina-se unicamente à produção de cubos e lancis, apesar das boas condições, existentes em alguns locais, para a extracção de blocos.

Principais problemas observados

Os principais problemas que se colocam à actividade extractiva, tal como em Antas-Matança, estão relacionados com a fracturação e o padrão de afloramento da rocha em penedos ou “bolas”. Estes, por vezes, são parcialmente aflorantes e encontram-se geralmente pouco fracturados, sendo limitados lateralmente e, em profundidade, por uma zona de alteração de espessura variável. Relaciona-se também com um padrão de exfoliação esferoidal – disjunção em “bolas”, que prejudica a extracção de blocos.

A frequência das diaclases, por vezes elevada e sem padrões regulares, juntamente com a sua inclinação, são também factores desfavoráveis.

A alteração, sobretudo da biotite, provoca o aparecimento de manchas castanhas na rocha devido à oxidação do ferro. Esta alteração é mais frequente na presença de *schlieren*.

É comum observarem-se manchas ferruginosas ao longo das diaclases de exfoliação e na zona superior e inferior dos níveis inter-diaclases sub-horizontais superficiais (*sheets*), devido à alteração de



Fig. 14. Pedreira no bordo SW do maciço de Esmolfe. Notar a zona de alteração côncava ao fundo, que constitui o limite da pedreira.

minerais que contêm ferro na sua estrutura. Em alguns locais, verifica-se um crescimento concêntrico destas manchas, na rocha segmentada por diaclases. Em todos os casos, as manchas tendem a diminuir com a profundidade. A origem deste fenómeno é duvidosa, podendo estar relacionada com a circulação de água nas fracturas.

Áreas com interesse para a extracção de rocha ornamental ou industrial

As áreas com maior potencial, localizam-se em relevos de orientação ENE a NE, a norte e sul da Rib. de Sezures (Fig. 5).

- Afloramentos a norte de Vale Amoso:

A área das estações E5 e E6, com várias explorações de pequena dimensão, é aquela onde se verificam maiores espaçamentos entre as fracturas (de amplos a muito amplos, ver Quadro 2).

- Vertente sul da Ribeira de Côja:

Corresponde a uma região de afloramentos que se prolonga desde o bordo N, para SW, até ao bordo W do maciço, onde existem algumas pedreiras (área das estações E7, E9 e E12). Em grande parte desta região não existem actividades de lavra e não foram obtidos dados devido ao caos de blocos superficial; no entanto, os espaçamentos observados são maioritariamente moderados e, por vezes amplos. Na área das estações referidas, os espaçamentos são frequentemente amplos a muito amplos. Na estação E9, o bloco natural atinge volumes de 14x5x2,5m.

O potencial desta zona relaciona-se directamente com a dimensão dos penedos, os quais, quando a fracturação é escassa permitem, por vezes, a instalação de pedreiras.

- Área de Tapada do Monte:

Nas estações E14 e E15, embora se verifique uma boa continuidade dos afloramentos, estes



Fig. 15. A) Pedreira próximo de Pedras Altas onde é evidente a inadequada orientação técnica da exploração e com deficientes condições de segurança no trabalho; B) deposição de escombros em zonas promissoras.

estão próximos da ribeira e existem *clusters* com espaçamento reduzido a moderado.

- *Área de Pedras Altas:*

Toda a área, desde as imediações do v.g. de Pedras Altas e para sul deste, ao longo de uma faixa de orientação NE-SW, apresenta boas potencialidades.

Os espaçamentos médios obtidos nas estações E1, E2 e E3 estão no intervalo moderado, mas como foram observados à superfície, espera-se valores melhores abaixo das fracturas de escamação superficiais. Além disso, devido às condições de exposição da rocha na estação E10, os valores obtidos são bastante inferiores aos espaçamentos que efectivamente se podem obter na pedreira.

A estreita faixa de granito entre Sezures e o Rio Dão, com orientação NNE, não tem afloramentos significativos, estando grande parte da área ocupada por terreno agrícola. Apenas se verifica a ocorrência de um afloramento importante a sul de Campina, com espaçamentos médios, amplos a muito amplos. Este afloramento está em contacto com o granito porfiróide de granularidade grosseira, fazendo-se a transição para este, gradualmente.

Maciço de Antas-Matança

O granito deste maciço apresenta uma tonalidade de cinzento-azulada, um pouco mais escura do que a do granito de Esmolfe. Texturalmente apresenta também pequenas diferenças, como uma leve tendência porfiróide. À escala do maciço, o granito

considera-se homogéneo, embora na região de Matança seja mais escuro.

É comercializado sob a designação de *Cinza* ou *Cinzento Antas*.

Em uma pedreira a norte do cemitério de Antas foi explorada uma fácies granítica de tonalidade cinzento-amarelada e aspecto homogéneo. Esta variedade, cujas características cromáticas são devidas à alteração sobretudo da biotite, tem espessura geralmente reduzida (cerca de 8m), ocorrendo em níveis controlados essencialmente pela fracturação sub-horizontal (levantes), que com espaçamento médio de 1.4m (entre 4 levantens ou níveis de descamação), a limita inferiormente.

A existência de afloramentos extensos, com reduzida espessura de alteração, em flanco de encosta, cria condições favoráveis para a actividade extractiva.

As características físico-mecânicas deste granito (Quadro 5), estudadas a partir de uma amostragem na zona da estação A17, aponta para a sua utilização em interiores e em exteriores (MOURA & MARTINS 1983).

Estado actual de exploração do maciço

A actividade extractiva actual, confina-se a uma pequena área nas imediações de Antas (ver Fig. 6), onde existem seis pedreiras, das quais apenas duas, as mais importantes, se encontram em actividade. Por ocasião dos trabalhos de campo na zona de Abrocedo (Matança), uma nova pedreira encontrava-se em fase inicial de exploração.

Principais problemas observados

As principais dificuldades encontradas com a actividade extractiva relacionam-se com a densidade das descontinuidades e padrão da rede por elas constituída.

A existência de diaclases fechadas que abrem por descompressão do maciço aquando do desmonte pena-

liza a actividade nalguns locais, como na área de Antas.

As diaclases de escamação, assumem importância elevada em algumas áreas deste maciço, nomeadamente na área de Abrocedo, onde localmente condicionam a existência de *sheets* cuja reduzida espessura e/ou grau de meteorização, implica a remoção dos níveis rochosos não económicos. Estas diaclases manifestam-se também no padrão de afloramento, originando “capas”, com formas

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS		
Resistência mecânica à compressão	1353	kg/cm ²
Resistência mecânica à compressão após teste de gelividade	1339	kg/cm ²
Resistência mecânica à flexão	140	kg/cm ²
Massa volúmica aparente	2623	kg/m ³
Absorção de água à pressão atmosférica normal	0.27	%
Porosidade aberta	0.73	%
Coefficiente de dilatação linear térmica	7.7	x10 ⁶ /°C
Resistência ao desgaste	0.3	mm
Resistência ao choque: altura mínima de queda	60-65	cm

Quadro 5. Características físico-mecânicas do granito de Antas (análises do Laboratório do IGM)

arredondadas.

A presença de filões de aplito e quartzo (maioritariamente pequenos filões ou veios), como tendem a ocorrer agrupadas e com elevada continuidade, podem inviabilizar extensas áreas. Estas ocorrências apresentam uma forte predominância segundo a direcção E-W e pendores subverticais ou tendendo para norte (Fig. 16). No entanto, o reduzido número de dados e a sua distribuição espacial próxima, limitam a representatividade desta tendência. Pode-se entretanto concluir, que se trata de uma orientação dominante, pelo menos numa faixa ENE, entre Antas e Forçadas.

Esta geração de veios, sugere uma compressão máxima horizontal (eixo ξ de maior encurtamento), paralela à direcção E-W, actuante durante a sua implantação.

Um aspecto textural relevante neste maciço, consiste na frequente existência de minerais orientados, sobretudo micas, originando superfícies de fraqueza, que se abrem por descompressão, durante o

desmonte da rocha (Fig. 17).

Na zona central do maciço, entre Antas, Pena e Corgas (ver fig. 6), existiam quatro explorações mineiras em filões, sugerindo assim a existência de mineralizações na área e portanto, possíveis penalizações no granito.

Os encraves ou xenólitos, designados na gíria mineira por “mulas”, são raros em ambos os maciços, não constituindo penalizações significativas.

Áreas com interesse para a extracção de rocha ornamental ou industrial

A selecção das áreas que aparentam melhor aptidão para exploração de bloco baseou-se na observação dos espaçamentos entre fracturas, na maior ou menor ocorrência de heterogeneidades, na forma de afloramento, acessibilidade, entre outros. Estas áreas são as seguintes (Fig. 6):

- *Afloramentos ao longo da vertente da Ribeira do Carapito exposta a NW, entre Antas e Pisão:*

Próximo da última povoação, ocorrem afloramentos com elevado potencial (estação A12),

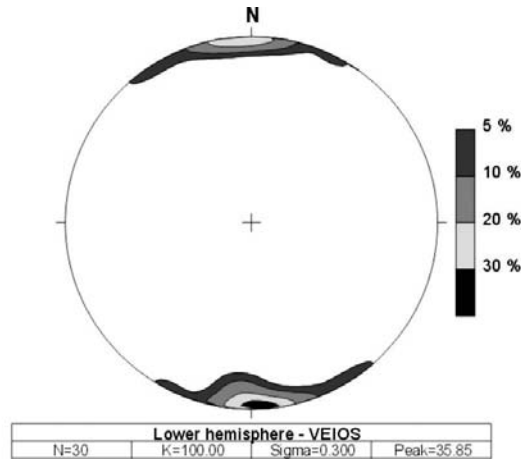


Fig. 16. Estereograma dos pólos dos planos dos veios, em Antas-Matança (rede de Schmidt-hemisfério inferior). Contornos a 5-10-20-30%.

conforme pode ser observado pela análise dos dados (Quadros 3 e 4B).

- *Afloramentos a NW de Antas, até Lameira:*

Ocorrem, a cerca de 500m a NW de Antas, afloramentos pouco fracturados (estações A23 e A24), porém parte deles correspondem a grandes penedos, desconhecendo-se as características da rocha em profundidade.

- *Área de Antas:*

O potencial dos afloramentos nas imediações desta aldeia pode ser verificado em duas pedreiras (A17 e A18). Outros afloramentos encontram-se sub-aproveitados, tendo-se efectuado apenas o desmonte dos níveis superficiais.

- *Faixa entre Matança e Forçadas (Abrocedo), a sul da estrada que liga as duas aldeias:*

Esta faixa corresponde a uma forma em doma alongado, onde as fracturas de escamação estão bastante desenvolvidas, definindo lajes arqueadas. O espaçamento vertical entre estas diaclases sub-horizontais, aumenta progressivamente em profundidade, desde cerca de 1 até 2m, a partir da 3ª ou 4ª superfície de escamação. Existem, localmente, muito boas áreas entre fracturas (A6la). Contudo, esta situação não se repete em todas as estações (A6lc e A6ld).

- *Afloramentos imediatamente a sul de Forçadas:*

Junto a Forçadas, ocorre uma forma tipo *nubbin*, onde os maiores penedos já foram explorados.

Esta área parece ter algum potencial, embora a fracturação à superfície seja desfavorável e ocorram estruturas filoneanas agrupadas.

O granito da fácies de Forçadas, Almeidinha, Fuíñas e Cortiço, aflorante numa pequena área a oeste de Maceira, apesar de texturalmente apresentar potencial ornamental, não tem interesse, devido à pequena extensão dos afloramentos e ao seu acentuado estado de alteração e de fracturação.

CONCLUSÕES

Os maciços graníticos de Esmolfe e de Antas-Matança caracterizam-se como sienogranitos peraluminosos dada a sua geoquímica (Quadro 1) e os *plot* de parâmetros calculados da geoquímica nos diagramas de classificação (DEBON & LEFORT 1983; Fig. 3A; DE LA ROCHE *et al.* 1980; Fig. 3B).

Estes granitos não revelam características estruturais assinaláveis como já observado (FERREIRA PINTO 1983). A rocha tem estrutura homogénea, apresentando localmente características porfiróides. Não é evidente orientação dos minerais pelo que não existe foliação significativa. Os bandados e auréolas existentes estão relacionados com concentrações de minerais e impregnação com óxidos de ferro (geralmente por alteração química da biotite), sendo este aspecto mais evidente em Esmolfe.



Fig. 17. Descontinuidade no granito provocada por pequeno filonete de quartzo. As fracturas são frequentemente causadas pelo alinhamento de minerais, em geral micas. Defeito comum no granito da zona de Antas, muitas vezes dificilmente perceptível antes do desmonte.

Os contactos com as fácies grosseiras ou finas são geralmente bem marcados e frequentemente traduzidos por estreitas faixas de micaxistos (FERREIRA PINTO 1983).

As características texturais dos granitos de Esmolfe e de Antas-Matança, são relativamente homogêneas, embora se registem pequenas variações. A textura do granito de Esmolfe é mais homogênea do que a do granito de Antas-Matança, apresentando uma granularidade mais grosseira e cor mais clara, devido à maior dimensão dos agregados de feldspato.

A alteração superficial é maior em Antas-Matança. Este granito de apresenta pequenas variações em termos de cor e homogeneidade do grão. Em amostras polidas, os indícios de alteração dos feldspatos são, em geral, mais perceptíveis macroscopicamente do que no granito de Esmolfe o que implica que as chapas polidas desta fácies apresentam um polimento mais brilhante que as de Antas-Matança.

As características petrográficas e texturais destes granitos em apreço potencializam-nos como rochas ornamentais, sendo a fracturação a principal condicionante à definição de áreas com aptidão

ornamental e industrial.

As diaclases não sistemáticas, traduzidas numa maior dispersão das fracturas, têm maior influência em Esmolfe do que em Antas-Matança, o que contribui para uma dimensão mais irregular do bloco natural.

Embora o estudo do diaclasamento efectuado em ambos os maciços, tenha sido a partir de dados de superfície, os espaçamentos verificados são indicadores da tendência em níveis mais profundos. Acrescenta-se o facto da tendência da fracturação, para decrescer geralmente com a profundidade, conforme se verifica nas pedreiras existentes.

Os espaçamentos são muito semelhantes em ambos os maciços, de moderados a amplos, sendo no conjunto ligeiramente maiores em Esmolfe; também a média de frequência de fracturação observada neste último, é menor que a média calculada em Antas-Matança.

As características da fracturação, aliadas à homogeneidade textural da rocha, características mineralógicas e físico-mecânicas favoráveis, assim como as boas condições topográficas, facilidades de acessos e reservas elevadas, demonstram o elevado potencial ornamental destes maciços.

A actividade extractiva em Antas-Matança é reduzida, limitando-se presentemente a duas pedreiras activas. Pelo contrário, a actividade em Esmolfe é caótica. A proliferação exagerada de pedreiras que, raramente ultrapassaram os níveis superficiais, causa um grande impacto visual. A ausência de orientação técnica na maioria das explorações, faz com que os níveis mais promissores raramente sejam atingidos, razão pela qual as pedreiras são abandonadas no início.

Em Esmolfe, o material explorado possui elevado valor para a indústria extractiva, sobretudo nas áreas a SW de Pedras Altas e sul de ponte do Ferreira. No entanto, o estado actual do mercado deste tipo de granitos para fins ornamentais, leva a que as explorações para fins industriais sejam presentemente aquelas que conseguem subsistir.

Consideram-se como áreas de melhor aptidão no maciço de Antas-Matança, os afloramentos nas imediações de Pisão, nas regiões de Lameira (estação A24), de Antas e Abrocedo.

Este estudo permitiu um conhecimento razoável de ambos os maciços, particularmente do seu estado de fracturação e do potencial de algumas áreas que os constituem. É necessário salientar que os resultados obtidos, tanto em superfície como em profundidade, são extrapoláveis apenas para as áreas contíguas aos locais estudados, e mesmo assim com

reservas, pois a fracturação tem um componente de aleatoriedade elevada.

Finalmente, deve ser salientada a importância da realização deste tipo de trabalho, antes do início da actividade extractiva, pois desta forma é possível otimizar os custos e ter uma base de planeamento para actividades mais onerosas (utilização de georadar quando as condições o permitem ou sondagens mecânicas com recuperação). Além disso, podem-se evitar situações geradoras de elevado impacto paisagístico, como as verificadas no maciço de Esmolfe.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a disponibilidade do Doutor Farinha Ramos para análises de microsonda electrónica.

Agradece-se também as sugestões do Doutor J.R.Vidal Romani que enriqueceram o texto e a atenta revisão do manuscrito pelo Doutor Helder I. Chaminé e por um revisor anónimo.

Recibido: 30/3/2005

Aceptado: 14/5/2005

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, M.R.M. (1996). Hercynian granitoids from the Fornos de Algodres area (Northern Central Portugal). Tese de doutoramento não publicada, *Imperial College of Science, Technology and Medicine*, University of London, 438pp.
- BRADY, B.H.G. & BROWN, E.T. (1987). *Rock mechanics for underground mining*. George Allen & Unwin, London, 527pp.
- BRUM FERREIRA, A. (1978). Planaltos e montanhas do Norte da Beira: estudo de geomorfologia. *Mem. Centro. Estud. Geogr.*, Lisboa, **4**, 374pp.
- CHAMINÉ, H. I. & GASPAS, A. F. (1995). Estudo da compartimentação de maciços rochosos pela técnica de amostragem linear. Aplicação a uma travessa da Mina de Carvão de Germunde. *Estudos, Notas & Trabalhos Inst. Geol. Min.*, Porto, **37**, 97-111.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDE CLAUDE, P. & MARCHAL, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses - its relationships and current nomenclature. *Chemical Geology*, **29**, 183-210.
- DEBON, F. & LE FORT, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Science*, **73**, 135-149.
- DIEZ BALDA, M.A.; VEGAS, R. & LODEIRO, F.G. (1990). Central Iberian Zone: Structure. In: Pre-Mesozoic Geology of the Iberian Peninsula, Dallmeyer, R.D. & Martinez Garcia, E. (Eds.), Springer Verlag, Berlin, 172-188.
- DINIS DA GAMA, C.; ARRAIS, C. & SANTOS, C. (1992). Dimensionamento racional de suportes em minas de carvão. *Geotecnia*, Revista da Associação Portuguesa de Geotecnia, Lisboa, **66**: 45-62.
- FERREIRA, N.; IGLÉSIAS, M.; NORONHA, F.; PEREIRA, E.; RIBEIRO, A. & RIBEIRO, M.L. (1987). Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: F. Bea, A. Carnicero, J.C. Gonzalo, M.L. Plaza & M.D.R. Alonso (Eds.), *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico. Libro de Homenaje a L.C. Garcia de Figuerola*. Dep. Geología, Univ. Salamanca. *Ed. Rueda*, Madrid, 37-51.
- FERREIRA PINTO, A.F. (1983). Rochas granitóides pós-tectónicas da área de Satão-Penalva do Castelo – características petrológicas e geoquímicas. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra, nº 96, 1983, 39-73.
- GARCÍA E.O. (1995). Investigación de yacimientos. In: C. López Jimeno (Ed.) *Manual de Rocas Ornamentales*. Madrid, Entorno Gráfico S.L., 139-174.
- GONÇALVES L.S.M.; PINTO A.F.; ARAÚJO J.R.F.; FONSECA E.C. & PINTO M.C.S. (1990). Folha nº 17-B (Fornos de Algodres) da *Carta Geológica de Portugal*, escala 1/50 000. Inst. Geol. e Mineiro, Lisboa.
- HUDSON, J. A. & PRIEST, S. D. (1983). Discontinuity frequency in rock masses. *Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, **20**, 73-89.
- ISRM – INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, COMMISSION ON STANDARDIZATION OF LABORATORY AND FIELD TESTS (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr.*, **15**, 319-368.
- ISRM - INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS (1981). Basic geotechnical description of rock masses. *Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, **18**, 85-110.
- LAMAS, L. N. (1989). Estudo da compartimentação de maciços rochosos por uma técnica de amostragem linear e dos blocos formados pelas descontinuidades. Aplicação a uma galeria do Alto Lindoso. *3º Congresso Nacional Geotecnia, Sociedade Portuguesa de Geotecnia*, **3**: C33-C44.
- LA POINTE P.R. & HUDSON J.A. (1985). Characterization and Interpretation of Rock Mass Joint Patterns. *The Geological Society of America, Special Paper*, **199**, 37pp.
- LISBOA, J.V. & OLIVEIRA, D. (2003). Maciços graníticos de Antas – Matança e Esmolfe (Portugal): Reconhecimento, caracterização e definição de áreas com potencialidade para exploração de granito ornamental. *Boletim Paranaense de Geociências*, **52**, Ed. UFPR, 19-40.
- LOTZE, F. (1945). Zur gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotect. Forsch.*, Berlin, **6**: 78-92 (trad. J. M. Rios, 1950. Observaciones

- respecto a la división de los variscides de la Meseta Ibérica. Inst. L. Mallada, Pub. Extr. Geol. España, 5 (27): 149-166).
- MOURA A.C. & MARTINS, O.R. (1983). Catálogo de Rochas Ornamentais. Publ. do Laboratório do I.G.M., S. Mamede de Infesta.
- MOURA A.C.; RAMOS J.M.F.; GRADE J.; MOREIRA A. & LEITE M.R.M. (1996). Exploração de Maciços Graníticos. Contributo para uma nova atitude no aproveitamento racional e na valorização dos recursos. Relatório interno do I.G.M. 10pp.
- PRIEST, S. D. (1993). Discontinuity analysis for rock engineering. Chapman and Hall, London. 473pp.
- PRIEST, S. D. & HUDSON, J. A. (1981). Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. *Int. Journ. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr.*, **18**, 183-197.
- PINTO M.S.; CASQUET C.; IBARROLA E.; CORRETGÉ L.G. & FERREIRA M.P. (1987). Síntese geocronológica dos granitóides do Maciço Hespérico. In: F. Bea, A. Carnicero, J.C. Gonzalo, M.L. Plaza & M.D.R. Alonso (Eds.), *Geologia de los granitóides y rocas asociadas del Maciço Hespérico. Libro de Homenaje a L.C. Garcia de Figuerola*. Dep. Geologia, Univ. Salamanca. Ed. Rueda, Madrid, 69-86.
- RAMOS J.M.F.; MOREIRA A.; MOURA A.C. & GRADE J. (1997). Maciço granítico de Antas-Matança. Nota breve acerca da sua exploração para rocha ornamental. *Relatório interno do I.G.M. 18/97*. 9pp.
- SEGALL P. & POLLARD D.D. (1983). Joint formation in granitic rock of the Sierra Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, **94**, 563-575.
- TEIXEIRA, C. (1981). Geologia de Portugal. Vol. 1- Precâmbrico e Paleozóico. *Fundação Calouste Gulbenkian*, Lisboa, 629pp.
- TWIDALE, C.R. & VIDAL ROMANÍ, J.R. (2005). Landforms and Geology of Granite Terrains. Balkema Publishers (Taylor & Francis Group) . The Netherlands, 364 pp.
- VIDAL ROMANÍ, J.R. & TWIDALE, C.R. (1998). Formas y Paisajes Graníticos. Monografías nº 55, *Universidade da Coruña*, 411pp.