MARIA DE FÁTIMA VARA RODRIGUES

PORTO 2002

IMPACTE AMBIENTAL DA EXPLORAÇÃO DE PEDREIRAS NO PLANALTO MIRANDÊS

Uma perspectiva para a formação de professores



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

MARIA DE FÁTIMA VARA RODRIGUES
PORTO 2002

IMPACTE AMBIENTAL DA EXPLORAÇÃO DE PEDREIRAS NO PLANALTO MIRANDÊS

Uma perspectiva para a formação de professores

A Presidente do júri
Jacinda Rosa
2003.02.10

UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
~~Sala~~ 552(043.2)/
Coloc RODm/I
N.º 49125
FACULDADE DE CIÊNCIAS

Dissertação apresentada para a obtenção de grau de Mestre em Geologia para o Ensino, na Universidade do Porto

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

D.R. 12.02.2003

Ao Tomás, com todo o meu amor e desculpa
pelas minhas constantes ausências.
Aos meus pais por tudo.

AGRADECIMENTOS

- À minha orientadora, prof. Doutora Ângela Almeida, pelo apoio, disponibilidade, ensinamentos, sugestões. Agradeço-lhe ainda toda a ajuda prestada na preparação das amostras para os diversos estudos, nomeadamente para as análises geoquímicas;
- Ao prof. Doutor João Praia como primeiro coordenador de mestrado por toda a ajuda;
- À prof. Doutora Manuela Marques por todos os esclarecimentos;
- Ao Sr. José Ferreira por toda a ajuda na elaboração das diversas lâminas e na preparação das amostras para análise;
- Ao professor Doutor Fernando Noronha pelos esclarecimentos, bibliografia dispensada e encaminhamento para outras pessoas, bem como pelo seu apoio moral;
- À prof. Doutora Maria dos Anjos pela disponibilidade para alguns esclarecimentos;
- A todas as pessoas do IGM que me ajudaram com esclarecimentos, bibliografia dispensada, trabalho na microssonda, elaboração das análises químicas, nomeadamente nas pessoas Eng. Machado Leite, Dr. Casal Moura, Dr. Narciso Ferreira, Dr. Armando Moreira, Eng.ª M.ª Eugénia Moreira, Doutor Farinha Ramos e D. Eva Gomes;
- Ao Dr. Armando Moreira um agradecimento muito especial por se ter disponibilizado para ler a Tese, muito obrigada por toda a sua simpatia e constante disponibilidade;
- Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e nunca me recusaram a sua disponibilidade;
- À Mestre Zé Lagoá e ao Dr. Né pelo tempo que disponibilizaram a colaborar no trabalho, bem como pelo seu constante apoio moral;
- À minha amiga Dr.ª Paula pelo apoio e por me aguentar mesmo quando em desespero total;
- Ao Dr. João Rios pela ajuda e colaboração que me prestou;
- À Dr.ª Anabela Ferreira pela colaboração e ajuda que me deu;
- A todos os colegas que se disponibilizaram a participar na visita de estudo e a preencher os inquéritos;
- A toda a minha família por toda a ajuda e principalmente pelos momentos que ficaram privados da minha presença;
- Ao meu marido por todo o incentivo, principalmente nos momentos de maior desespero e angústia;
- A todos **muito obrigada**. Se me esqueci de alguém que me desculpe foi sem intenção.

RESUMO

Neste trabalho é apresentado um estudo a nível de impacte ambiental, que a extracção de rochas dos três grandes grupos magmáticas, sedimentares e metamórficas, tem no planalto Mirandês.

Geologicamente a zona insere-se plenamente no Maciço Hespérico, mais concretamente na Zona Cetro Ibérica (ZCI), do norte de Portugal.

Fez-se um estudo detalhado de cinco pedreiras nas proximidades de Vimioso, por ser uma zona rica em rochas dos três grandes grupos, (três pedreiras de granito – Granito orientado de S.^{to} Adrião, Fonte Colaço/Medronheiro, Caçarelhos; uma de calcários e mármore - S.^{to} Adrião, e uma de mármores – S. Pedro da Silva), onde se observaram os diversos aspectos dos maciços, bem como os impactes ambientais, estudaram-se as composições mineralógicas e químicas das rochas de cada uma das pedreiras, recorrendo-se a diversas técnicas, designadamente microscopia óptica, análises químicas por Fluorescência de Raios-X e Microssonda Electrónica.

Referiram-se, muito brevemente, algumas características (mais a nível de impacte ambiental) de outras pedreiras existentes no planalto, nomeadamente a pedreira da Barragem de Miranda do Douro, pedreira de Tó/Variz e a pedreira de Vila Chã da Braciosa – Sendim.

Algumas das pedreiras encontravam-se em plena laboração, outras abandonadas.

Recolheram-se elementos sobre a aplicação destas rochas na região, sendo usadas principalmente para a pavimentação de estradas, calcetamento de ruas e passeios, na construção civil e como apoio em algumas estruturas agrícolas.

Como o tema do trabalho vem numa perspectiva da formação contínua dos professores, elaborou-se um itinerário para uma visita de estudo (para professores) à maioria dos locais em foco, de forma a que estes pudessem ficar com uma ideia real dos assuntos em análise, actualizando ou melhorando os seus conhecimentos, e proporcionando-lhes perspectivas para adaptarem o itinerário aos seus alunos, na tentativa de diversificar as estratégias de ensino – aprendizagem, saindo um pouco do ensino formal da sala de aula e dos manuais escolares para o ensino prático, no local (neste caso no campo).

No final da visita foi distribuído um inquérito acerca da mesma na tentativa de apurar o seu sucesso, cujos resultados foram tratados estatisticamente.

ABSTRACT

This work presents a study of the environmental impact that the extraction of rocks of the three main groups (magmatic, sedimentary and metamorphic) has in the Mirandês tableland.

Geologically the area is completely inserted in Hesperian Massif and specifically in the Central Iberian Zone, in the North of Portugal.

A detailed study was undertaken in five quarries near Vimioso, because this is an area which is rich in rocks of the three main groups (three quarries of granite – granite directed from Santo Adrião, Fonte Colaço/Medronheiro, Caçarelhos; one of limestone and marble – Santo Adrião; and one of marble – S. Pedro da Silva). The different aspects of the massif were observed, as well as the environmental impact. The mineralogical and chemical compositions of the rocks from each one of the quarries were studied, using different techniques, namely optical microscopy, chemical analysis by X-Ray Fluorescence and Electronic Microprobe.

Some characteristics (concerning environmental impact) of other quarries of the tableland were briefly referred to, namely Miranda do Douro, dam quarry, the quarry of Tó/Variz and the quarry of Vila Chã da Braciosa – Sendim.

Some quarries were fully active, others were abandoned.

As far the use of the rocks in the region is concerned, it is mainly applied to pave streets and some agricultural facilities.

As the theme of the work is connected with teachers in-training system, the itinerary of a visit to the majority of the places which are referred to was prepared. This way teachers could have a real idea of the issues, updating or improving their knowledge. The could also receive suggestions about how to adapt the itinerary to their students, so that they could diversify their strategies of teaching – learning, and go beyond formal classroom teaching and the use of school manuals to invest on in loco practical teaching.

At the end of the visit participants answered a questionnaire to check its success. The results were statistically treated.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1- Localização geográfica da zona em estudo. 2

Fig.2– Carta Militar de Portugal, à escala 1:25 000, com a localização das zonas em estudo, a vermelho a zona alvo directo de estudo, a azul zonas de referência. 3

Figura 3: Representação esquemática das zonas paleogeográficas e tectónicas da Península Ibérica, segundo JULIVERT *et al.* 4

Fig. 4- Mapa geológio do Norte de Portugal com a localização da zona em estudo, segundo FERREIRA *et al.* 5

Fig. 5– Cartas Geológicas de Portugal. Em cima: escala 1:200 000. Em baixo: a escala 1:50 000. 7

Fig.6. Esquema do ciclo das rochas segundo Hutton. 9

Fig. 7- Diagrama onde é bem visível a sequência de cristalização dos minerais a partir de um dado magma à medida que a temperatura diminui. 11

Fig. 8- Diagrama de classificação das rochas plutónicas, de Streckeisen. 14

Fig. 9 - Distribuição dos tipos de calcários. 22

Fig. 10- Exemplo de um abandono não contolado de uma pedreira. 40

Fig. 11- Pequenas pedreiras – Entulhamento completo do uso agrícola anterior – cultura arvense de sequeiro e olival. 41

Fig. 12- Pedreiras de grandes dimensões – Entulhamneto completo e restauração do uso agrícola anterior ou implantação de um uso agrícola adequado. 42

Fig. 13- Pedreiras de grandes dimensões – Entulhamento quase completo e restauração do uso agrícola anterior ou implantação de um novo uso agrícola. 42

Fig. 14- Pedreiras de grandes dimensões- Entulhamento pouco significativo, formação de lagoa para acumulação de águas com fins diversos - mas não para recreio por falta de segurança. 43

Fig. 15- Pedreiras Pequenas – Enchimento parcial do fosso, plantação de árvores, arbustos e ervas nas vertentes 43

Fig. 16- Pedreira de grandes dimensões – Entulhamento reduzido, modificação das paredes para dar segurança ao aproveitamento possível para recreio. 43

Fig. 17 : Mecanismo de evolução da silicose. 48

Fig. 18 : Representação esquemática de um enfisema. 49

Fig. 19 - Localização das pedreiras em estudo. Mapa construído a partir das Cartas Militares 80 e 66, à escala 1:25 000, posteriormente reduzido para a escala 1: 62 500. □ – local de colheita de amostras para os estudos 64

Fig. 20- Variação de óxidos (% em peso) com o parâmetro B = Fe + Mg + Ti, ilustrado para as três amostras representativas de cada grupo de granitos estudados. ■ FV_1 – Granito da pedreira de Santo Adrião; ▲ FV_2 - Granito de Fonte Colaço / Medronheiro; ● FV_3 - Granito de Caçarelhos. 113

Fig. 21- Projecção das moscovites no diagrama Ti-Mg-Na de MILLER *et al.* 118

Fig.22- Gráfico representativo da distribuição por sexo. 152

Fig. 23- Gráfico representativo da distribuição por idades. 153

Fig. 24- Gráfico representativo da distribuição por habilitações Académicas 153

Fig. 25- Gráfico representativo da distribuição por tempo de serviço 153

Fig. 26- Gráfico representativo da distribuição dos estabelecimentos onde obteve as habilitações Académicas 153

Fig. 27- Gráfico representativo da distribuição por realização de saídas de campo 154

Fig. 28- Gráfico representativo da distribuição por n.º de saídas de campo. 154

Fig. 29- Gráfico representativo da distribuição por utilidade das saídas de campo. 156

Fig. 30- Gráfico representativo da distribuição por relevância para as disciplinas leccionadas. 156

Fig. 31- Gráfico representativo da distribuição das razões da importância destas actividades como estratégia de ensino/aprendizagem. 157

Fig.32- Gráfico representativo das razões (1) de interesse deste itinerário. 158

Fig.33- Gráfico representativo das razões (2) de interesse deste itinerário. 159

Fig.34- Gráfico representativo das razões (3) de interesse deste itinerário. 159

Fig.35- Gráfico representativo da distribuição dos contributos mais importantes para a Melhoria/actualização dos conhecimentos. 160

Fig. 36- Gráfico representativo da distribuição da intenção de repetir o itinerário. 161

Fig. 37- Gráfico representativo da distribuição da satisfação na realização do itinerário. 161

FIGURAS DO ITINERÁRIO

Fig.1- Representação esquemática do Ciclo das Rochas. 139

Fig. 2- Mapa do percurso e respectivas paragens no Ciclo das Rochas. 141

Fig. 3- Paragens no Ciclo das Rochas. 142

Fig. 4- Paragens 1 e 2 no Ciclo das Rochas. 143

Fig. 5- Paragem 3 no Ciclo das Rochas. 145

Fig. 6- Paragem 4 no Ciclo das Rochas. 147

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I- Concentração de alguns elementos em rochas e minerais (ppm). 44

Quadro II- Grupos de minerais contendo elementos químicos nocivos ao Homem. 45

Quadro III- Resultados das análises químicas, obtidos pelo método de Fluorescência de Raio – X, nos laboratórios do IGM – Porto. AS amostras representam: FV1- Gr. Orientado de Santo Adrião, FV2- Gr. de Fonte Colaço/Medronheiro, FV3- Gr. de Caçarelhos, FV4- Mármore de S. Pedro da Silva, FV5- Mármore de Santo Adrião e FV6- Calcári de Santo Adrião. 111

Quadro IV- Cálculos de diversos parâmetros químicos. 114

Quadro V- Valores de caracterização da amostra. 152

Quadro VI - Resultados da realização de saídas de campo. 154

Quadro VII - Dados relativos à utilidade desta visitas nas aulas /actividades. 155

Quadro VIII - Dados relativos à importância deste tipo de estratégia de ensino - aprendizagem. 157

Quadro IX- Dados relativos à importância deste tipo de actividades para professores. 158

Quadro X- Dados relativos à melhoria / actualização dos conhecimentos do professor na área em estudo. 160

Quadro XI- Dados relativos à intenção de repetir o itinerário com os alunos. 160

Quadro XII- Dados relativos ao grau de satisfação dos professores no final da visita. 161

Quadro XIII- Dados relativos a sugestões para melhora o itinerário. 162

QUADROS DO ANEXO I

Quadro 1- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas nas biotites das amostras. 179

Quadro 2- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas nas moscovites. 180

Quadro 3- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas no feldspato K. 181

Quadro 4- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas nas plagioclases das amostras. 182

Quadro 5- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas na clorite das amostras estudadas. 183

Quadro 6- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas na apatite analisada na amostra 2 (FV2). 184

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Resumo esquemático da alteração do granito. 18

Esquema 2: Fórmula da dissolução do Carbonato de Cálcio na presença de ácido carbónico ou de dióxido de carbono.22

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto n.º 1- Pormenor do interior da depressão da antiga exploração, onde são visíveis alguns vestígios de "terra-rosssa" e o aspecto do mármore listrado. 69

Foto n.º 2- Aspecto geral de uma parte da pedreira e respectiva depressão, bem como da paisagem envolvente. 70

Foto n.º 3- Um dos blocos de mármore listrado, com dimensões consideráveis e abandonado. 71

Foto n.º 4- Mármore de S. Pedro da Silva com cristais de carbonatos bem visíveis (certamente de calcite), com clivagens bem nítidas. Fotografia com ampliação 20*10 em nicóis cruzados. 72

Foto n.º 5- Zona de extracção dos calcários num dos cabeços. 73

Foto n.º 6- Algumas máquinas de transformação do calcário. 75

Foto n.º 7- Alguns desperdícios de calcário acumulados no espaço de um dos cabeços, aspecto geral da paisagem envolvente. 76

Foto n.º 8- Depósitos de brita com diversos calibres por onde passou uma enxurrada que abriu um ribeiro, arrastando imensos materiais para as linhas de água maiores. 77

Foto n.º 9- Escarpas dos dois cabeços completamente "nuas", com imensas fissuras provocadas pelas chuvas, havendo o risco de desabamento das encostas. 78

Foto n.º 10- Mármore de S.to Adrião, onde é bem visível a calcite com as suas clivagens típicas. Esta fotografia foi tirada numa focagem 5* 10 em nicóis cruzados. 79

Foto n.º 11- Cálcário de S.to Adrião, onde se distinguem duas zonas uma matriz com grãos de calcite muito pequenos e outra onde os grãos de calcite se distinguem perfeitamente, também se observam veios de óxidos de ferro e pequenas fracturas preenchidas por outros minerais. Esta fotografia foi obtida em nicóis cruzados a uma ampliação de 20*10. 80

Foto n.º 12- Blocos de dimensões consideráveis extraídos da pedreira na sua maioria para exportação. 81

Foto n.º 13- Em cima: diversos aspectos da rocha transformada. Em baixo: ladeamento da pedreira com rochas sem possibilidade de transformação. 82

Foto n.º 14- Zona de transformação da rocha em diversos materiais, é de notar as poeiras existentes e a falta de condições de segurança e higiene dos trabalhadores. 83

Foto n.º 15- Aspectos das cortas da pedreira e paisagem envolvente. 85

Foto n.º 16- Vista geral da pedreira de Caçarelhos, visível da estrada que liga Vimioso a Miranda do Douro, bem como da paisagem envolvente, ao fundo é visível a aldeia de Caçarelhos. 86

Foto n.º 17- Quartzo com inclusões de rútilo (castanho) com forma subeuédrica (hipidiomórfica), cristal bem desenvolvido. Plagioclase com forma xenomórfica, moscovite II no seu interior. Ampliação 5*10. 87

Foto n.º 18- Quartzo bem desenvolvido com óxidos de ferro e palhetas de rútilo no seu interior, rodeado por plagioclase, moscovite I e II. Ampliação 5*10. 88

Foto n.º 19- Feldspato potássico com pertites, inclusões moscovite II. É visível quartzo. Ampliação 5*10. 89

Foto n.º 20- Plagioclase euédrica, interiormente totalmente alterada pela moscovite II, inclusões de Quartzo. Rodeada por quartzo , outras plagioclases, alguma moscovite II resultante da alteração de plagioclases. Ampliação 5*10. 90

Fotos n.º 21 e 22- Moscovite I paralela à clorite e estiradas. Plagioclase a ser moscovitizada nos bordos e no interior. Quartzo, plagioclase com óxidos de ferro a ser moscovitizada nos bordos que contactam com a moscovite I. Ampliação 5*10. 91 e 92

Foto n.º 23- Vista geral da pedreira, com a paisagem envolvente típica e os caminhos de acesso. 93

Foto n.º 24- Em cima: vista geral da zona de extracção com alguns blocos a delimitar o espaço da pedreira. Em baixo: pormenor da corta. 94

Foto n.º 25- Em cima: na zona de extracção a formação de uma lagoa. Em baixo: pormenor das características da rocha, contraste entre o granito são e o granito alterado por episienitização. 95

Foto n.º 26- Feldspato potássico a ser corroído pela moscovite, com inclusões de quartzo e plagioclase. Plagioclase sericitizada, rodeada por quartzo bem desenvolvido com contornos pouco ou nada nítidos. Ampliação 5*10. 97

Foto n.º 27- Mirmequite – intercrescimento de quartzo e plagioclase junto ao feldspato potássico. Ampliação 10*10. 98

Foto n.º 28- Moscovitização da biotite que contém imensas inclusões de zircão, e outros aspectos de formação da moscovite secundária: plagioclase sericitizada, moscovitização da plagioclase, moscovite II intersticial. Ampliação 5*10. 99

Foto n.º 29- Biotite a desenvolver-se paralelamente à moscovite I. Formação de orlas de reacção simplectítica entre moscovite e quartzo. Observa-se apatite no interior da moscovite I. Ampliação 5*10. 100

Foto n.º 30- Em cima: vistas do maciço abandonado. Em baixo: pormenor do aspecto da rocha no maciço. 102

Foto n.º 31- Vista da pedreira próximo da estrada. 103

Foto n.º 32- Bolas de caos de blocos de dimensões consideráveis de granito porfiróide. Em cima: a destruição duma dessas bolas. Em baixo: pormenor do aspecto da rocha dessas bolas. 104

Foto n.º 33- Aspecto visual da pedreira com montículos de areias e brita, provenientes de outros locais, e lixos diversos espalhados por todo o espaço da mesma. 105

Foto n.º 34- Feldspato potássico com pertites, macla de carlsbad bem nítida, num dos bordos é visível alguma moscovitização. Ampliação 5*10. 107

Foto n.º 35- Moscovitização da plagioclase na bordadura. Moscovite a rodear a biotite de forma a interagir melhor para transformar a plagioclase com mais facilidade. É bem visível a plagioclase zonada no canto superior direito da foto. Ampliação 5*10. 108

Foto n.º 36- Mirmequite entre a plagioclase e o quartzo, rodeada por biotite e moscovite I. Ampliação 5*10. 109

Foto n.º 37- Biotite hipidiomórfica (subeuédrica) (com inclusões de zircão com halos pleocróicos, apatite e eventualmente monazite), paralela à moscovite I. Moscovite II a alterar a biotite no canto inferior direito da foto. Ampliação 10*10. 109

Foto n.º 38- Imagens onde se observa a enorme extensão da zona de exploração da pedreira de Vila Chã da Braciosa, com cortas a vários níveis de cota. Em cima salienta-se a preocupação da sinalização, em baixo é visível a enorme lagoa que se formou. 125

Foto n.º 39- Zonas de transformação da rocha em brita de diversos calibres, são de salientar as poeiras que se produzem, bem visíveis na foto de baixo. 126

Foto n.º 40- Zona de extracção da pedreira de Tó/Variz. 127

Foto n.º 41- Aspecto da zona de transformação da rocha em brita de calibres diferentes, sendo visível a formação de uma pequena lagoa. 128

Foto n.º 42- Fachada principal da Câmara Municipal de Vimioso, com alvenaria e cantarias em granito, passeios em calcário e rua com paralelos de granito. 129

Foto n.º 43- Igreja matriz de Vimioso, construção muito antiga em alvenaria e cantaria. 130

Foto n.º 44- Diferentes aspectos de uma zona central de Vimioso: antigo cruzeiro em granito, calcetamento em calcário, fachada da antiga escola primária (ao fundo) em cantaria e alvenaria, ruas calcetadas com paralelos em granito. 130

Foto n.º 45- Casas antigas brasonadas com fachadas e muros em alvenaria e cantaria, bem como o fontanário. 131

Foto n.º 46- Construções de casas mais ou menos recentes em cantaria (Em cima: Caçarelhos. Em baixo: Vimioso). 132

Foto n.º 47- Fachada recente da Caixa Geral de Depósitos de Vimioso com placagens e ladeamentos das janelas em granito. 133

Foto n.º 48- Pormenor de uma rua calcetada com paralelos ao lado de um passeio com paralelos menores e separados por guias alongadas, tudo em granito. 133

Foto n.º 49- Aplicação de blocos graníticos a murar os terrenos (primeiro plano). Em segundo plano habitações algo degradadas também em granito (Vila Chã da Braciosa – Sendim). 134

ÍNDICE GERAL

	Pág.
I – INTRODUÇÃO	1
1 – Considerações Gerais	1
2 – Enquadramento Geográfico	2
3 – Enquadramento Geológico	4
4 – Delimitação do problema e objectivos da tese	6
5 – Trabalhos anteriores na área estudada	7
II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	8
1 – Rochas	8
1.1 – Considerações gerais	8
1.2 – Ciclo das rochas	9
1.3 – Rochas magmáticas	11
A – Mineralogia	12
B – Textura	14
Granitos	16
Paisagens graníticas	17
Processo de formação dos caos de blocos	17
Aplicações do granito	18
1.4 – Rochas sedimentares	20
Calcários	22
Aplicações do calcário	23
1.5 – Rochas metamórficas	25
A – Elementos estruturais das rochas metamórficas	26
Mármore	28
Aplicações do mármore	28
2 - A indústria extractiva e o ambiente	30
2.1 – Considerações gerais	30
2.2 – Rochas naturais: sua actividade produtiva e perspectivas de futuro no nosso país	31
2.3 – Legislação da exploração de pedreiras e o ambiente	32
2.4 – Impacte ambiental das pedreiras	33
2.4.1 – Antes da extracção	34
2.4.2 – Durante a extracção	34
2.4.2.1 – Impacte sobre o ar	35
2.4.2.2 – Impacte sobre a água	36
2.4.2.3 – Impacte sobre o solo	37
2.4.2.4 – Impacte sobre a fauna e flora	38
2.4.2.5 – Impacte sobre a paisagem	38
2.4.2.6 – Processos e riscos geológicos	39
2.4.2.7 – Património natural, cultural e infra-estruturas	39
2.4.2.8 – Aspectos sócio económicos	39
2.4.2.9 – Segurança, higiene e saúde no trabalho	39
2.4.3 – Após a exploração – encerramento	40
3 – Os minerais e suas acções sobre o organismo humano	44
Minerais contendo elementos químicos perigosos para a saúde humana	46
1 – Quartzo (sílica) e outros minerais silicatados	46
2 – Minerais de cálcio	49

3 – Poeiras asbésticas 49
4 – Outros minerais contendo partículas agressivas para o organismo humano 50
Minerais de arsénio e antimónio 50
Minerais de bário 50
Minerais de boro 50
Minerais de crómio 50
Minerais de cobalto (cobre e zinco) 50
Minerais de ferro 50
Minerais de chumbo 50
Minerais de mercúrio 51
Poeiras de alta perigosidade de Be, Cd, Fe, Mn, V 51
Poeiras e minerais de crómio e níquel 51
Minerais com acção tóxica 51
4 – Calcários, márm. e gr. da região. Características, grau de explorabilidade e utilização 52

III - FORMAÇÃO DE PROFESSORES 55

IV – METODOLOGIA 61
1 – Nota Introdutória 61
2 - Descrição do estudo 63
2.1 – Recolha de dados e amostras 64
2.2 – Tratamento das amostras 66
2.2.1- Preparação das amostras para a elaboração de lâminas delgadas 66
Descrição do método de elaboração das lâminas delgadas 66
2.2.2 Análises químicas 67
Preparação das amostras para as análises químicas da rocha total 67
Método de análises químicas da rocha total – Fluorescência de Raios X 67
Método de análises químicas dos minerais – microssonda electrónica 68
2.3 – Descrição e tratamento dos dados 69
2.3.1- Pedreira de S. Pedro da Silva (mármores) 69
2.3.1.1– Descrição 69
2.3.1.2– Aspectos ambientais 69
2.3.1.3– Petrografia 71
Descrição macroscópica 71
Descrição microscópica 71
2.3.2- Pedreira das Minas de S.^{to} Adrião (calcários e mármores) 73
2.3.2.1 – Descrição 73
2.3.2.2– Aspectos ambientais 73
2.3.2.3– Petrografia 79
Descrição macroscópica 79
Descrição microscópica 79
2.3.3- Pedreira de Caçarelhos (granitos) 81
2.3.3.1– Descrição 81
2.3.3.2– Aspectos ambientais 82
2.3.3.3– Petrografia 86
Descrição macroscópica 86
Descrição microscópica 86
2.3.4 Pedreira de granito Orientado próxima dos calcários de S.^{to} Adrião 93
2.3.4.1– Descrição 93
2.3.4.2– Aspectos ambientais 93
2.3.4.3– Petrografia 95
Descrição macroscópica 95

Descrição microscópica 96
2.3.5- Pedreira de Fonte Colaço/Medronheiro 102
2.3.5.1– Descrição 102
2.3.5.2– Aspectos ambientais 103
2.3.5.3– Petrografia 105
Descrição macroscópica 105
Descrição microscópica 106
2.3.6- Geoquímica 111
2.3.6.1– Rochas magmáticas 111
a) Geoquímica da rocha total 112
b) Geoquímica dos minerais 116
2.3.6.2– Rochas carbonatadas 123
a) Geoquímica da rocha total 123
2.4 – Breve referência a outras pedreiras visitadas no planalto 124
a) Pedreira da barragem de Miranda do Douro 124
b) Pedreira de Vila Chã da Braciosa (sendim) 124
c) Pedreira de Tó/Variz 127
2.5 – Pesquisa sobre a utilização destas rochas na região 129
2.6 – Elaboração de um guia para professores com um itinerário de visita de estudo 135
Itinerário para visita de estudo na zona de Vimioso 135
2.6.1 – Validação da visita de estudo 148
a)Questionário 148
b)Tratamento estatístico 152
Caracterização da amostra 152
Análise dos pontos de interesse da visita 154

CONCLUSÕES 163
Considerações finais 168

BIBLIOGRAFIA 169
ANEXOS 178

I- INTRODUÇÃO

1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Cada vez mais o ambiente é agredido, degradado e mal tratado pelo Homem, ambiente que é fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos, incluindo o Homem, e a do próprio planeta.

Nesta perspectiva, dado que os professores têm um papel importante na formação dos cidadãos, será pertinente abordar a problemática do ambiente relacionada com a extracção de recursos naturais (rochas, no caso do presente estudo), na tentativa de sensibilizar a classe para estas questões, uma vez que são os veículos transmissores para os futuros Homens – os alunos.

Mas, por vezes, deparamo-nos com dilemas sociais muito graves, como é o caso da região em estudo, por um lado regiões e, consequentemente populações, com pouco desenvolvimento económico, tecnológico e principalmente industrial, em que o emprego é escasso, as pessoas sobrevivem com muito esforço e dificuldade de uma agricultura de subsistência, rudimentar e pobre. Por outro lado, uma abundância de recursos geológicos subaproveitados que poderão trazer para a região riqueza, emprego e desenvolvimento, mas também consequências a nível ambiental.

Não esquecendo que a extracção de rochas é fundamental para o desenvolvimento da região, tentaremos abordar a questão: **"Quais as consequências ambientais que podem surgir da exploração de pedreiras no Planalto Mirandês".**

Também, entre outros, nos actuais programas dos 7º (Ciências Naturais) e 11º anos (Ciências da Terra e da Vida) de escolaridade são abordados os três grandes grupos de rochas, a sua inter-relação (ciclo das rochas), suas paisagens características, utilidade das rochas para o Homem, não esquecendo nunca e cada vez mais o ambiente, isto para já não falar na Geologia de 12º ano e outras disciplinas da área das Ciências da Terra e da Vida.

Assim, este trabalho será desenvolvido na perspectiva da formação contínua de professores nas áreas de abrangência do nosso estudo.

UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
BIBLIOTECA

2- ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

A área objecto do estudo localiza-se no Nordeste de Portugal, Província de Trás-os-Montes e Alto Douro (Nordeste Transmontano), Distrito de Bragança, mais propriamente no Planalto Mirandês, que inclui três concelhos Vimioso, Miranda do Douro e Mogadouro.

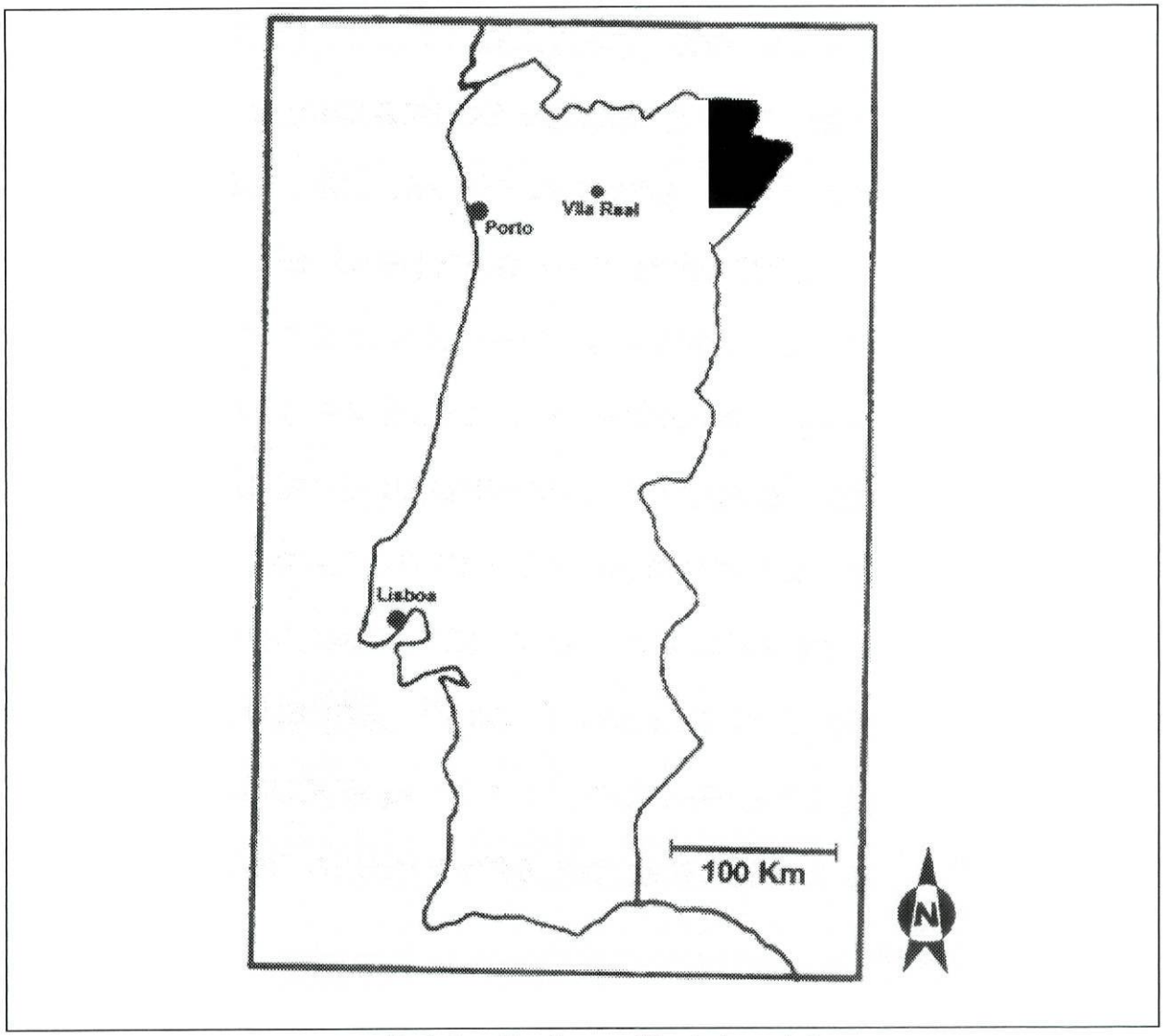


Fig.1- Localização geográfica da área estudo.

O estudo centra-se nas pedreiras existentes em Vimioso. No entanto ao longo do estudo serão feitas referências a outras pedreiras existentes noutros locais de Miranda do Douro e de Mogadouro.

Na carta Militar de Portugal, à escala 1:25 000, a zona alvo directo de estudo insere-se nas folhas: 66- Vimioso, 80- Algoso – Vimioso, cobertas a vermelho no esquema da fig. 2, embora se possam fazer referências a locais das folhas: 81- Miranda do Douro, 95- Vila Chã da Braciosa e 108- Bemposta – Mogadouro ou outras, cobertas a azul no esquema da fig. 2.

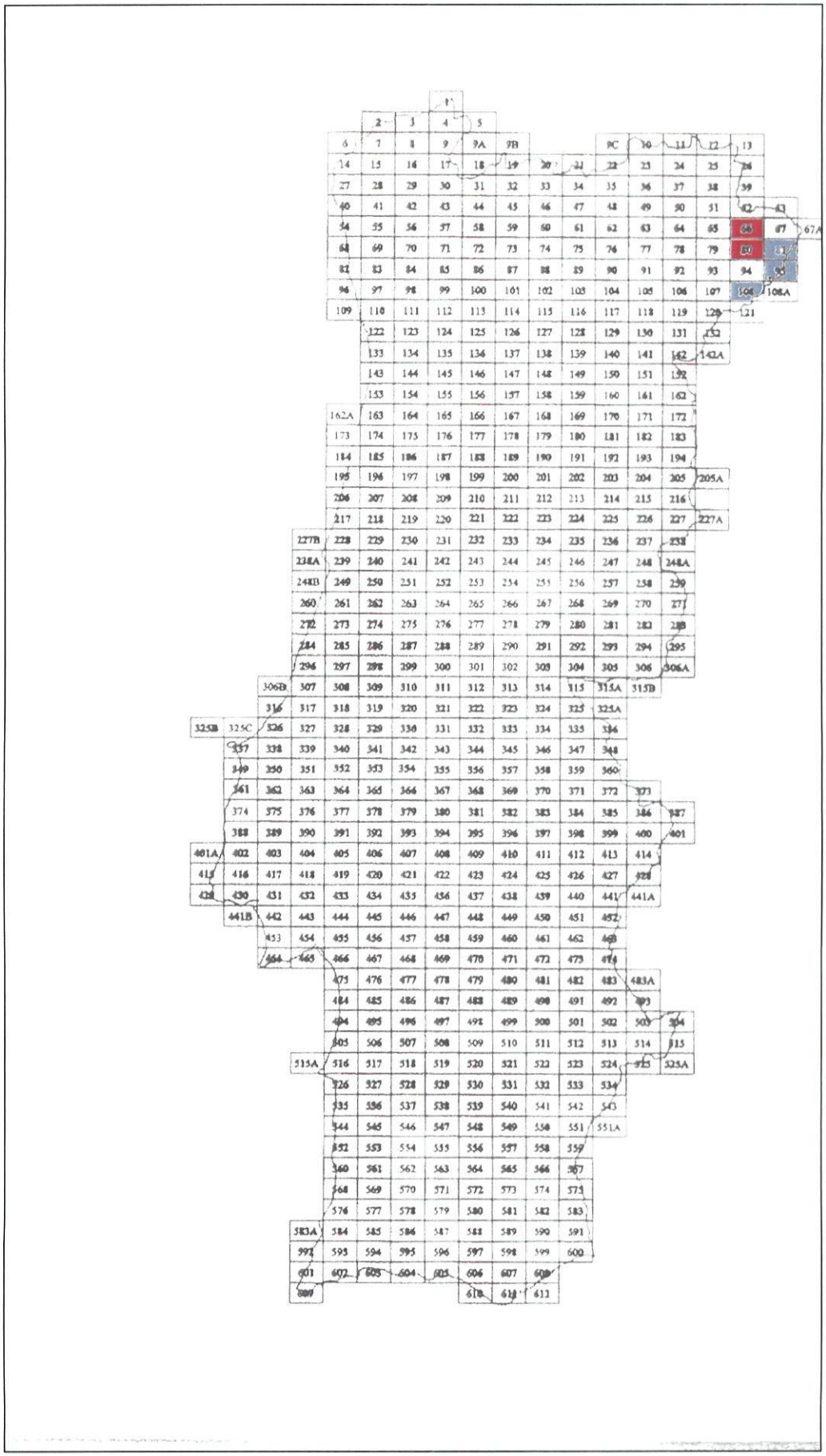


Fig.2– Carta Militar de Portugal, à escala 1:25 000, com a localização das áreas em estudo, a vermelho a zona alvo directo de estudo, a azul zonas de referência. (Adaptado de REBELO, 1999).

3- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região enquadra-se completamente no Maciço Hespérico – designação proposta por E. HERNANDEZ PACHECO (1932), correspondendo a parte de um antigo soco, cujos terrenos se consideram pertencentes ao Precâmbrico e ao Paleozóico, embora em algumas áreas se encontrem cobertos por depósitos detríticos discordantes pertencentes ao Terciário e Quaternário. Todo este conjunto está intruído por diversas rochas eruptivas (*in* TEIXEIRA, 1981).

A zona em estudo, como podemos observar pelo esquema da figura 3, localiza-se na Zona Centro Ibérica (JULIVERT *et al.*, 1974, *in* MARTINS, 1998).

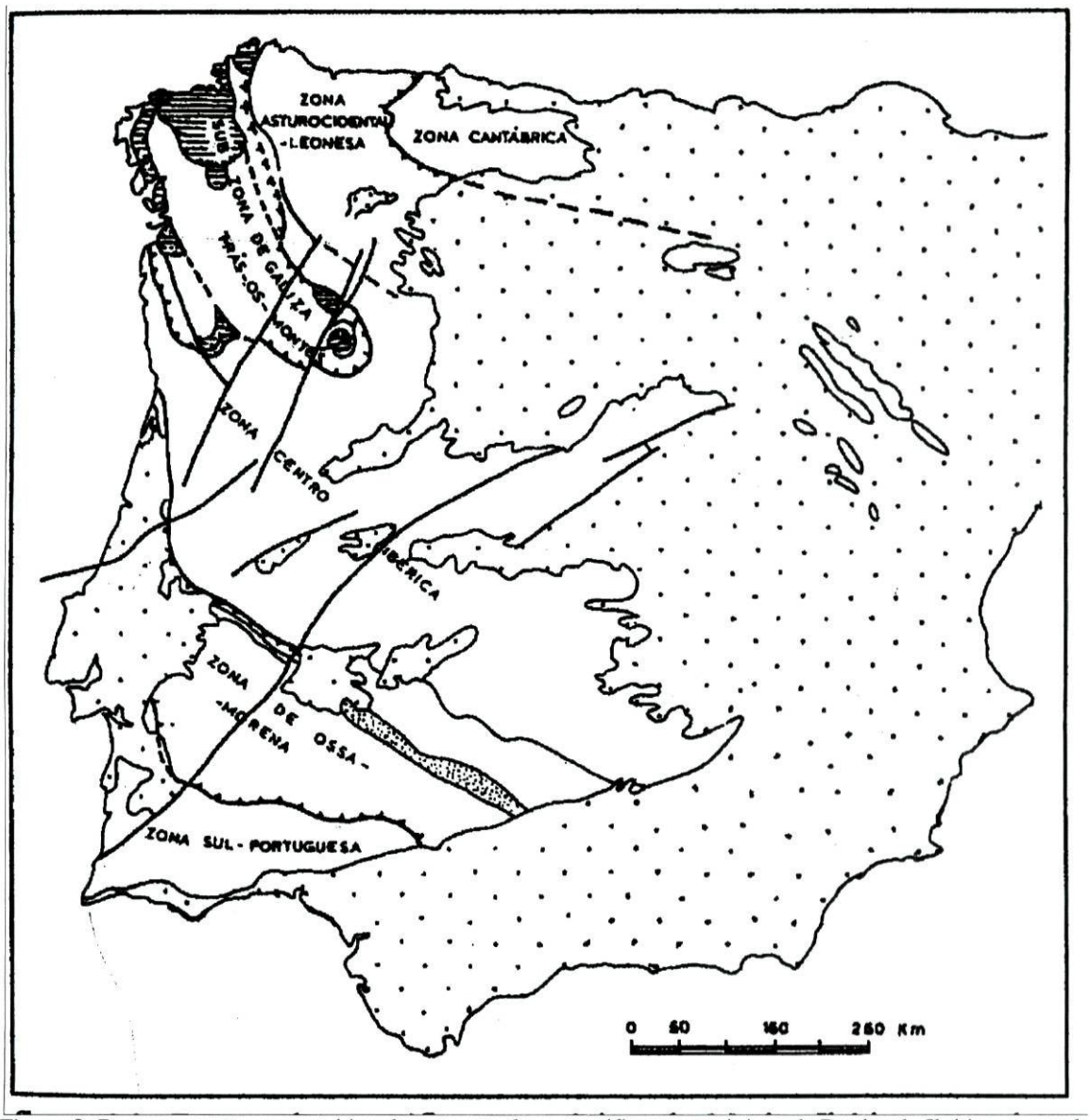
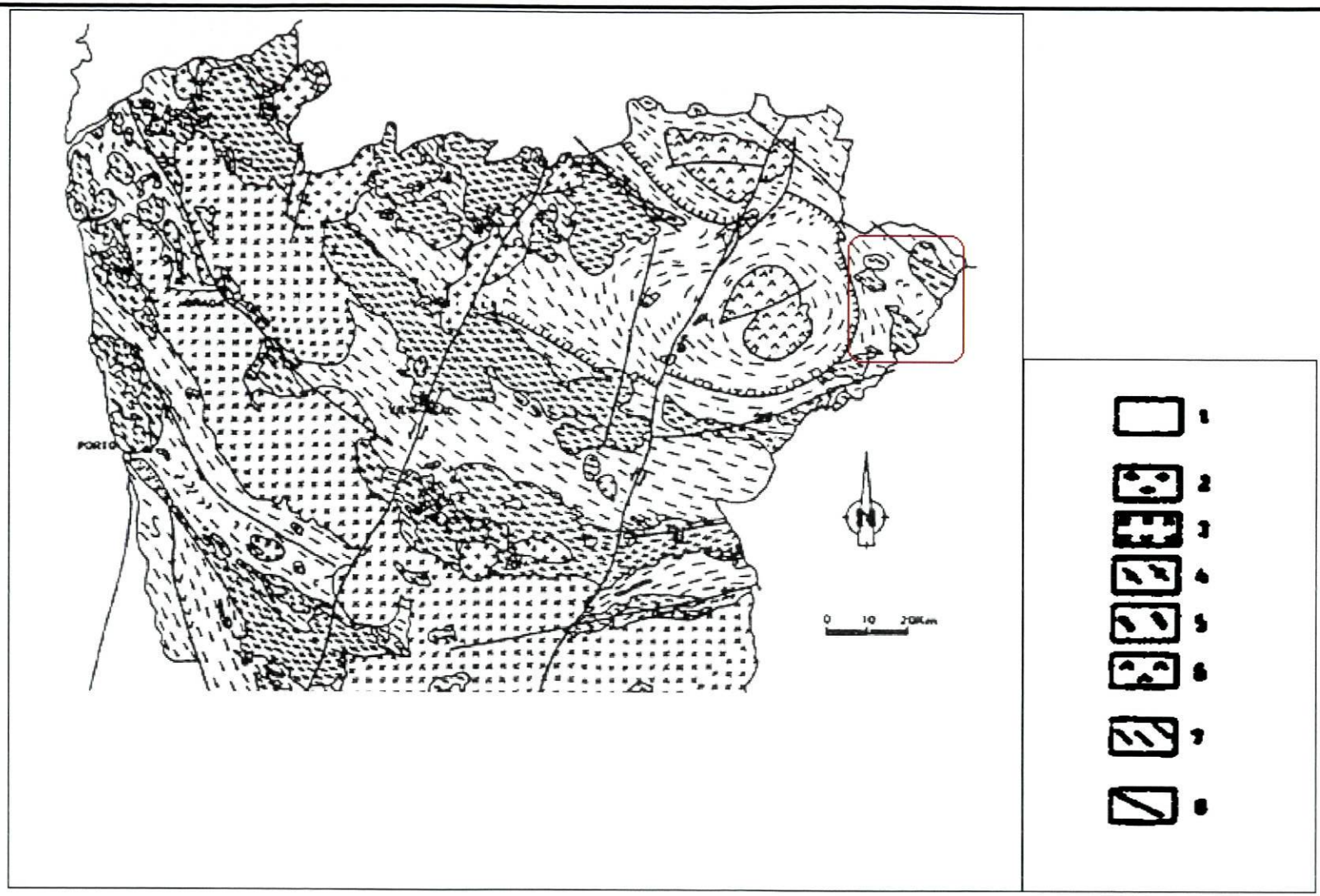


Figura 3: Representação esquemática das zonas paleogeográficas e tectónicas da Península Ibérica, segundo JULIVERT *et al.*, 1974, *in* MARTINS (1998).

Segue-se o mapa geológico do Norte de Portugal, com a localização da zona em estudo, adaptado de MARTINS (1998), segundo FERREIRA *et al.* (1987) modificado.



Legenda: 1- Formações sedimentares meso-cenozóicas; 2 a 5- Granitóides hercínicos: 2-biotíticos pós-tectónicos, 3- biotíticos tarditectónicos, 4- de duas micas sin a tarditectónicos, 5- biotíticos sintectónicos; 6- Complexo polimetamórfico de Bragança-Morais; 7- Formações metassedimentares; 8-Falha.

Fig. 4- Mapa geológio do Norte de Portugal com a localização da zona em estudo (segundo FERREIRA *et al.* (1987), adaptado de MARTINS (1998)).

4- DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA E OBJECTIVOS DA TESE

O objectivo central da presente dissertação é **contribuir para um maior conhecimento e compreensão dos problemas que podem advir da exploração de pedreiras no Planalto Mirandês.**

Tendo em vista a perspectiva de formação dos professores, além desta problemática, serão ainda abordadas outras tentando-se atingir os seguintes objectivos:

- motivar o ensino e a aprendizagem da geologia;
- relacionar os três grandes grupos de rochas existentes;
- observar aspectos característicos das paisagens graníticas e calcárias;
- estudar a utilidade das rochas (granitos, calcários e mármores) para o Homem;
- observar a aplicação dada pelo Homem às rochas;
- conhecer problemas ambientais da extracção destas rochas (granitos, calcários e mármores);
- sensibilizar para a necessidade de uma educação ambiental;
- caracterizar os materiais explorados, recorrendo a estudos geoquímicos e petrológicos das rochas;
- reconhecer a importância da exploração das rochas naturais para o desenvolvimento social, cultural e especialmente económico da região;
- proporcionar situações de ensino - aprendizagem fora da sala de aula, fornecendo ao professor a possibilidade de recriação dessas situações com os alunos;
- construir materiais didácticos de trabalho;
- contribuir para a formação contínua de professores.

Assim, neste estudo, pretende-se contribuir para um maior conhecimento, melhor compreensão dos problemas que podem surgir da exploração e da extracção de rochas na região do Planalto Mirandês, bem como para um enriquecimento dos conhecimentos científicos dos professores sobre os três grandes grupos de rochas, obtendo uma perspectiva e uma visão mais ampla do conhecimento Científico, Tecnológico, Social e Ambiental (C-S-T-A). Em suma, pretende-se fornecer aos professores um conjunto de conhecimentos científicos e proporcionar situações que os ajudem a melhorar e apoiar as suas aulas de acordo com os programas das diferentes disciplinas que leccionam.

5- TRABALHOS ANTERIORES NA ÁREA ESTUDADA

A geologia da zona não tem sido muito estudada, daí que não existam muitos trabalhos publicados sobre a região quer a nível geológico, estrutural, mineralógico ou petrológico, estando no entanto a decorrer alguns estudos, nomeadamente na área de Ifanes – Miranda do Douro.

Os primeiros trabalhos a serem efectuados, de que se encontram registos, foram os de DELGADO, que remontam a 1881-1888, falando dos calcários e mármores de Santo Adrião. Ainda sobre os calcários e mármores de Santo Adrião existe uma publicação de MANUPPELLA & MOREIRA. (1990), e referências numa comunicação de MOURA *et al.* (2000).

Relativamente à geologia geral da zona existem referências em TEIXEIRA (1981), acerca das características geológicas gerais da região, com algumas descrições mais ou menos pormenorizadas sobre os afloramentos existentes..

A área é coberta pela folha n.º 2 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, que se encontra em fase de execução. À escala 1:50 000 há a considerar as folhas: 8 C em fase de elaboração e a folha 12 A cuja execução ainda não foi iniciada. No esquema que se segue representa-se a respectiva inclusão nas Cartas Geológicas referidas:

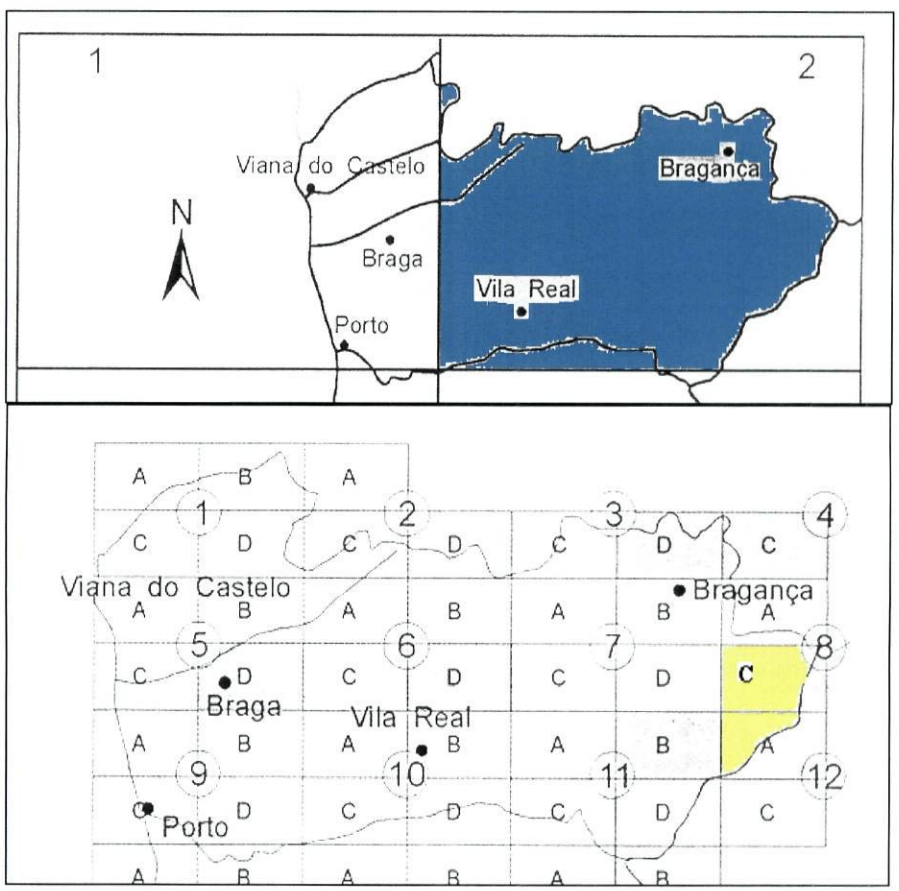


Fig. 5– Cartas Geológicas de Portugal. Em cima: escala 1:200 000. Em baixo: escala 1:50 000. Adaptado de REBELO (1999).

II- ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1- ROCHAS

1.1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Do planeta que habita, a Terra, o Homem não conhece directamente mais do que uma porção superficial e insignificante em relação aos cerca de 6371 Km de raio.

As rochas formam massas de grandes dimensões, possuindo normalmente agregados de minerais. Aparecem à superfície com aspectos muito diversos, caracterizando as paisagens com as suas formas e cores.

Sem considerar pormenores descritivos, conhecidas pelo seu nome, existem milhares de rochas (WYLLIE , 1988). Estas, tendo em conta a sua origem, agrupam-se em três grandes grupos:

- Ígneas ou magmáticas
- Sedimentares
- Metamórficas

1.2- CICLO DAS ROCHAS

Como constituintes da crosta e do manto, as rochas sofrem inúmeras transformações, quer à superfície quer em profundidade. Nestas transformações as rochas são geradas, sofrem um processo de evolução e são alteradas por fenómenos ocorrentes no interior e na superfície da Terra, constituindo **o ciclo das rochas** ou **ciclo litológico.**

O modelo do ciclo das rochas explica como todas as rochas podem ser formadas, transformadas, destruídas e reformadas, resultando da acção de factores ambientais e processos naturais que as afectam.

Partindo desta ideia de que a Terra é um sistema dinâmico, JAMES HUTTON há mais de 200 anos propôs o modelo do ciclo das rochas, representado no esquema da figura 6, adaptado de PRESS & SIEVER, (2000).

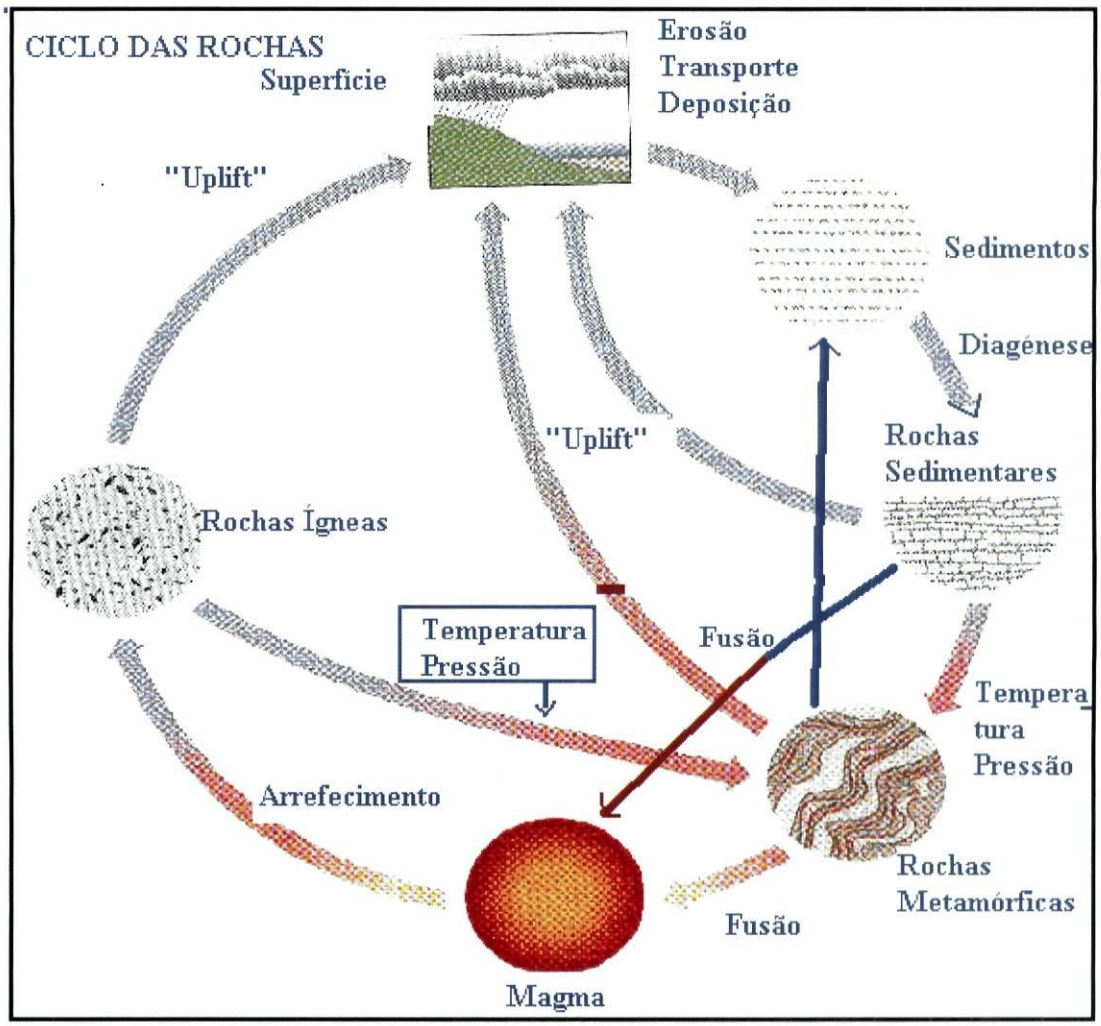


Figura 6- Esquema do Ciclo das Rochas segundo HUTTON, adaptado de PRESS & SIEVER (2000)

No esquema do ciclo das rochas é bem visível a relação e inter-relação existente entre os três grupos de rochas, verificando-se a transformação constante umas nas outras, sugerindo que as rochas da Terra podem ser recicladas vezes sem conta.

Os materiais constituintes das rochas podem ter várias origens: o manto (magma ou lava), o espaço (meteoritos), os seres vivos (restos de animais e plantas), meteorização de outras rochas (sedimentos).

Processos endógenos, que ocorrem no interior do planeta, e exógenos, que ocorrem à superfície, afectam os materiais originando, consoante a sua origem, os três grandes grupos de rochas:

- **rochas ígneas ou magmáticas** , resultam da cristalização de materiais em fusão (magma ou lava) provenientes do interior;
- **rochas sedimentares**, formam-se à superfície por deposição de materiais que podem provir da erosão de outras rochas, de fragmentos de animais ou plantas, ou da precipitação de cristais em dissolução na água;
- **rochas metamórficas**, são rochas que resultam da transformação de outras pré-existentes, devido a intensas pressões e temperaturas elevadas, resultantes de um afundimento provocado por movimentos tectónicos, ou pela acção de agentes mineralizadores, como vapores, águas sobreaquecidas.

1.3- ROCHAS MAGMÁTICAS

O magmatismo é o fenómeno geológico, à escala do planeta, responsável pela formação de grande parte das rochas que constituem a crosta – as **rochas magmáticas, ígneas ou eruptivas**.

As rochas ígneas procedem sempre de materiais do interior da Terra, designando-se por este motivo também de endógenas. Originam-se a partir de magmas que se encontram a grandes profundidades em estado de fusão, solidificando por arrefecimento mais ou menos lento, dependendo de diversos factores. Da mesma massa de magma podem produzir-se diferentes tipos de rochas ígneas. À medida que arrefecem os seus componentes solidificam numa determinada sequência. Esta que está bem representada na sequência teórica da SÉRIE DE BOWEN, indicada no esquema da figura 7, adaptada de BUSH (2000):

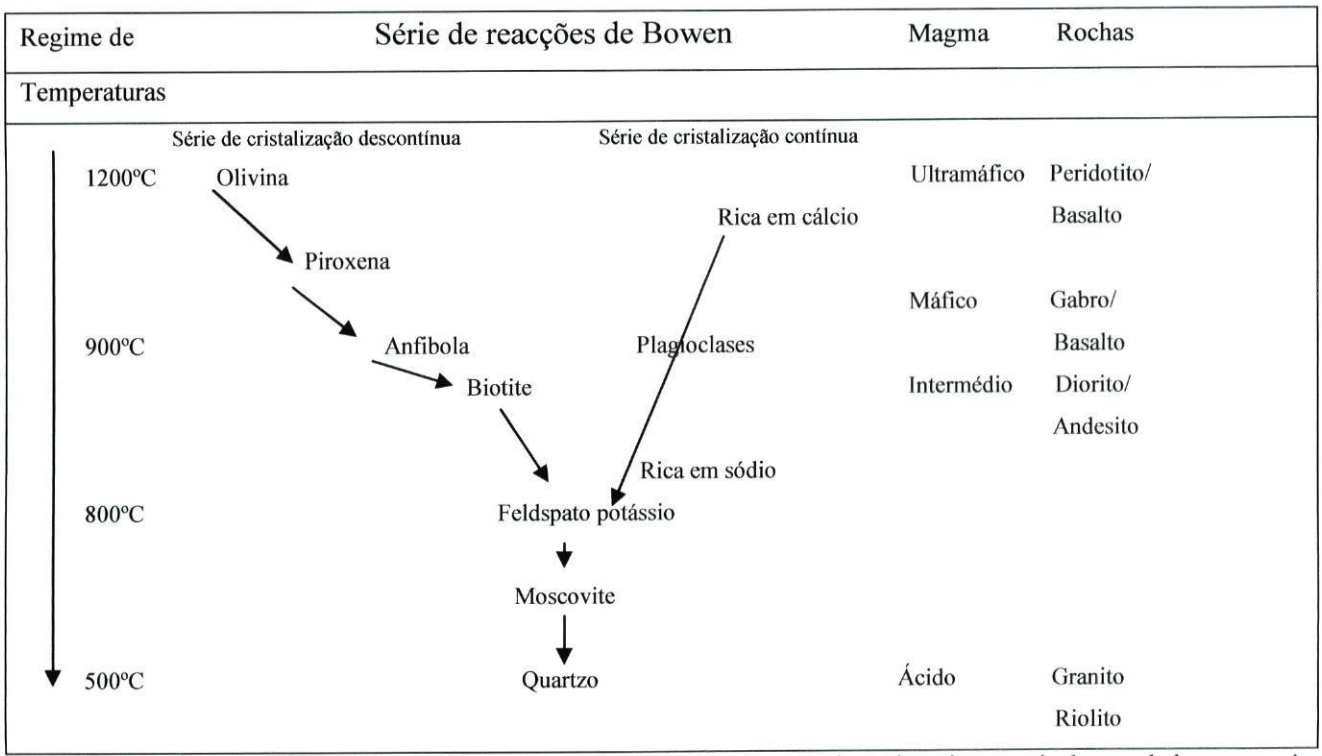


Fig. 7- Diagrama onde é bem visível a sequência de cristalização dos minerais a partir de um dado magma à medida que a temperatura diminui. Adaptado de BUSH (2000).

É de notar a relação existente entre temperatura, cristalização dos minerais específicos, tipo de magma, e rochas formadas quando o magma arrefece.

Os fenómenos de magmatismo podem ocorrer à superfície, **vulcanismo**, originando as **rochas vulcânicas** também designadas por **extrusivas**, ou em profundidade, **plutonismo**, originando as **rochas plutónicas ou intrusivas.**

Não é possível observar as rochas ígneas enquanto se formam (excepto as rochas vulcânicas, que na maioria dos casos a sua cristalização e solidificação pode ser visível sendo um fenómeno espectacular), porque a maioria se forma a grandes profundidades, no interior da Terra constituindo

intrusões. O magma destas intrusões desloca-se através de fendas, desviando ou reagindo com as rochas encaixantes.

Em consequência das condições da sua génese e da variedade de magmas que as originam, as rochas magmáticas podem apresentar uma grande diversidade de aspectos.

O aspecto macroscópico das rochas é muito variável e pode ser caracterizado pela sua cor, tamanho dos seus cristais ou grãos, tipo de minerais que dela fazem parte, assim o aspecto macroscópico das rochas é determinado em parte pela sua mineralogia e em parte pela sua textura, sendo estas características determinadas pela sua origem.

A- MINERALOGIA

A mineralogia, isto é, as porções relativas dos constituintes minerais das rochas, ajuda a determinar a sua textura, estrutura, cor, aparência em geral e outras características.

Embora sob o ponto de vista químico exista uma grande variedade de rochas ígneas, do ponto de vista mineralógio apenas um pequeno grupo de minerais essenciais fazem parte da sua constituição. Os minerais essenciais são aqueles cuja presença é obrigatória para a caracterização de um determinado tipo de rocha. São acessórios, os minerais cuja presença ou ausência não determinam o tipo de rocha.

Os minerais dividem-se em dois grupos:

1-Minerais félsicos (claros), de que são exemplos:

- Quartzo: SiO_2
- Feldspatos:
  - potássicos: - Ortóclase: $KAlSi_3O_8$
    - Microclina
  - plagioclases: - Albite: $NaAlSi_3O_8$
    - Oligoclase
    - Andesina
    - Labradorite
    - Bitownite
    - Anortite: $CaAl_2Si_2O_8$
- Feldspatóides: Leucite ($K(AlSi_2O_6)$) e Nefelina ($Na(AlSiO_4)$)
- Moscovite: $KAl_2(AlSi_3O)_{10}(OH,F)_2$

2-Minerais máficos (escuros), sendo exemplos:

- Biotite: $K_2Mg_6(Mg, Fe, Al)_6(Si, Al)_8O_{20}$

- Piroxenas: $Ca(Mg, Fe)\ Si_2O_6$
- Anfíbolas: $Ca_2(Mg, Fe)_5(OH)_2Si_8O_{22}$
- Olivina: $(Mg, Fe)_2SiO_4$

Como minerais acessórios podem ocorrer: apatite, magnetite, ilmenite, zircão, hematite, rutilo, turmalina, granadas, etc.

Uma das classificações mais antigas das rochas era baseada na análise química em termos do teor em sílica. Uma classificação mais moderna das rochas ígneas considera a proporção relativa dos minerais silicatados (PRESS & SIEVER, 2000).

As rochas ígneas **quanto à composição química e mineralogia** dividem-se em:

- FÉLSICAS (Ácidas), ex. Granito (I*), Riolito (E*).

* NOTA: As abreviaturas I e E significam, respectivamente, rochas magmáticas Intrusivas e Extrusivas.

Geralmente possuem cores claras (sendo por isso denominadas de leucocratas), ricas em minerais com altos teores em sílica, como o quartzo, feldspatos potássicos e plagioclases, e pobres em minerais ferromagnesianos (como por exemplo anfíbolas).

Como a percentagem de sílica é elevada (superior a 65%), os magmas que as originam possuem uma viscosidade alta. As temperaturas de fusão variam entre os 600-800ºC.

- INTERMÉDIAS, Exemplos: Granodiorito (I) e Dacito (E), Diorito (I) e Andesito(E).

As suas cores são mais claras que escuras mas dentro do intermédio (Mesocratas), possuindo percentagens em sílica entre os 55-65%, abundando as plagioclases ou os feldspatos potássicos.

A viscosidade do magma é média. As temperaturas de fusão variam entre os 800-1000ºC.

- MÁFICAS (Básicas), ex. Gabro (I) e Basalto (E).

São escuras (Melanocratas), possuem teores em sílica que variam entre 45-55%, abundam os minerais máficos (ricos em ferro e magnésio), como as olivinas e as piroxenas.

A viscosidade destes magmas é baixa. As temperaturas de fusão variam entre os 1000-1200ºC.

- ULTRAMÁFICAS (Ultrabásicas), ex. Peridotito (I) e Komatiite (E).

São rochas muito escuras uma vez que são essencialmente constituídas por minerais máficos, sendo as olivinas e as piroxenas os mais abundantes.

A percentagem de feldspatos é inferior a 10%, e o teor em sílica é menor que 45%, pelo que os magmas que lhes dão origem apresentam uma viscosidade baixa. As temperaturas de fusão são superiores a 1200ºC.

As rochas eruptivas quanto à composição mineralógica podem ser classificadas segundo STRECKEISEN (1967, 1976), como se representa no diagrama da figura 8:

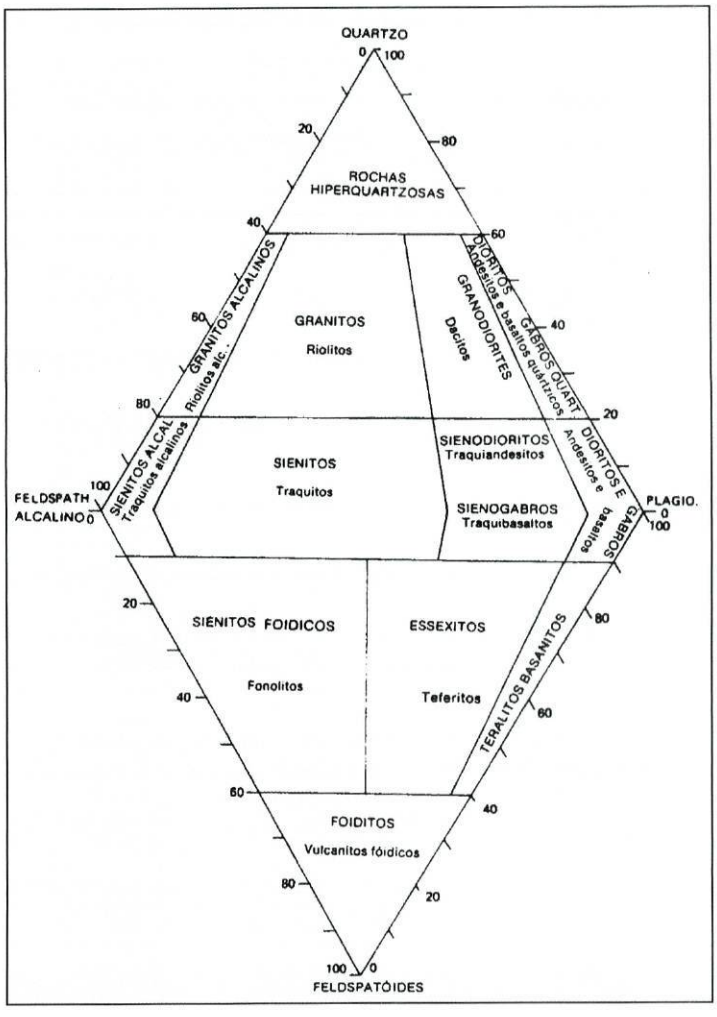


Fig. 8- Diagrama de classificação das rochas plutónicas, de Streckeisen, extraído de DERCOURT & PAQUET (1986)

B- TEXTURA

Existem diferentes critérios sobre a aplicação da palavra textura, alguns autores aplicam-na à aparência da rocha a nível macroscópico, outros aplicam-na à aparência da superfície microscópica, considerando a aparência macroscópica como a estrutura da mesma.

Nas rochas ígneas a textura depende fundamentalmente do modo como se dá o arrefecimento do magma que está na sua origem, do tempo de cristalização. A textura que as rochas ígneas apresenta fornece informações sobre a ordem de cristalização, taxa de cristalização, condições de arrefecimento e solidificação do magma, bem como da sua viscosidade, ou seja sobre a sua origem. Permite ainda obter informações sobre o movimento ou fluxo do magma, movimento dos cristais por instalação gravitacional ou flutuação (BLATT & TRACY, 1995).

As características texturais mais óbvias são o grau de cristalização e o tamanho dos grãos.

Quanto ao **grau de cristalização** as rochas ígneas classificam-se em:

- VÍTREAS – devido ao arrefecimento muito rápido (abrupto) do magma não há tempo de se formarem cristais, originando rochas sem cristais, como porex, obsidiana ou vidro vulcânico.
- HOLOCRISTALINAS – o prefixo *holo* significa inteiramente – quando o arrefecimento é lento, há tempo para uma cristalização completa e o desenvolvimento dos cristais em alguns casos é considerável.
- HEMI OU HETEROCRISTALINAS – nos casos relacionados com profundidades intermédias, em que o tempo de cristalização do magma é intermédio, formam-se rochas de grãos mais ou menos desenvolvidos misturados com uma massa amorfa (vítrea).

Um outro critério baseia-se no **tamanho dos cristais**, podendo ser:

1- AFANÍTICA – do grego *"aphaneros"* significa invisível – este tipo de textura é descrita em rochas constituídas por cristais muito pequenos, não discerníveis à vista desarmada, não se distinguindo uns dos outros mesmo com o auxílio de uma lupa de mão. É típica das rochas extrusivas (vulcânicas), indicando que a rocha solidificou rapidamente.

Esta textura pode ser:

Vítrea, quando o arrefecimento é muito rápido e os iões não têm tempo de se organizarem para formar cristais.

Porfirítica, quando existem cristais bem desenvolvidos (megacristais) disseminados numa matriz (massa) finamente cristalina ou vítrea, de que é exemplo o basalto com cristais de olivina.

2- FANERÍTICA – do grego *"phaneros"* significa visível – esta textura é aplicada a rochas que possuem grãos cristalinos que se distinguem uns dos outros à vista desarmada. Aparece em rochas plutónicas devido ao arrefecimento lento dos magmas quando intrudem as rochas pré-existentes e sólidas.

Este tipo de textura pode ser:

- **Equigranular**, quando os grãos cristalinos apresentam um tamanho semelhante entre si;
- **Porfiróide**, quando a rocha possui cristais de dois tamanhos distintos. Os cristais mais desenvolvidos, fenocristais, formaram-se no início devido ao arrefecimento lento do magma, seguindo-se um arrefecimento mais rápido dando origem a uma matriz que pode ser finamente cristalina ou vítrea. Contudo o tamanho dos cristais pode ser influenciado por mudanças na composição do magma e/ou na sua viscosidade.

-**Pegmatítica,** quando as rochas apresentam cristais muito desenvolvidos e com grande perfeição morfológica. Este tipo de textura indica que as rochas cristalizaram a temperaturas cujo abaixamento foi relativamente lento, possuindo os magmas grandes quantidades de água e voláteis, ficando os iões livres para se movimentarem e formarem grandes cristais.

WILLIAMS *et al.* (1982), sugerem que a subdivisão baseada na dimensão dos grãos, quando estes possuem tamanhos uniformes, não dá todas as respostas BLATT & TRACY (1995), assim deve-se referir:

- **Grão fino** – grãos de tamanho inferior a 1 mm;
- **Grão médio** – grãos cujo tamanho varia entre 1-5 mm;
- **Grão grosseiro** – grãos de tamanho entre 5mm e 3 cm;
- **Grão muito grosseiro** – grãos de tamanho superior a 3 cm;
- **Microlitos ou crisólitos** – grãos muito pequenos existentes no vidro das rochas vulcânicas.

Do que foi apresentado, quando se caracteriza a textura de uma rocha, dever-se-á ter em conta a combinação dos vários critérios de classificação.

GRANITOS

Dentro do grupo de rochas magmáticas plutónicas, o granito e o gabro são os exemplos mais conhecidos e típicos (COSTA *et al.*, 1997).

Os granitos afloram em enormes maciços ou batólitos, possuem geralmente cores claras e grãos individualizados sem orientação preferencial visíveis a olho nu (DERCOURT & PAQUET, 1986).

Constituem uma família de rochas intrusivas formadas fundamentalmente por quartzo, feldspato mais ou menos alcalino, e quantidades menores de minerais ferromagnesianos, como a horneblenda e a biotite (GASS *et al.*, 1984).

A presença de quartzo como componente fundamental é a característica principal e indica a cristalização do granito a partir de um magma rico em sílica (cerca de 70%). O feldspato potássico mais frequente é a ortóclase. Cerca de um terço do total de feldspatos corresponde a plagioclases, ocorrendo com maior frequência albite e oligoclase. Apresenta frequentemente micas: moscovite, biotite ou as duas em simultâneo (DERCOURT & PAQUET, 1986).

Há muitas variedades de granito, cuja classificação pode ser baseada:

- no tipo de textura: equigranular, pegmatítico, porfiróide;
- na cor: cinzento, róseo, amarelo;

- na percentagem de mica: biotítico, moscovítico, de duas micas (biotítico-moscovítico, moscovítico-biotítico).

PAISAGENS GRANÍTICAS

As zonas graníticas apresentam paisagens muito características. Aparecem vulgarmente elevações imponentes, com maior ou menor fracturação, dependendo da acção erosiva, contendo na maioria dos casos bolas arredondadas, os caos de blocos.

Nas regiões graníticas formam-se solos de espessura variável onde se instalam seres vivos devido à desagregação de partículas de dimensões menores.

Processo de Formação dos caos de blocos

Os maciços graníticos podem ocupar vastas superfícies, quer visíveis à superfície, quer em profundidade. Quando afloram, os maciços apresentam o aspecto de montes e montanhas, que parecem imutáveis e permanentes. Observando com algum detalhe as formações mais superficiais conclui-se que, apesar da solidez da rocha, esta também se altera e transforma com o tempo.

O granito aflorante apresenta-se fracturado como resultado de um processo de descompressão partindo (fissurando) segundo determinadas orientações, originando superfícies de ruptura com movimentos de afastamento (diaclases), que apresentam diversas orientações.

As diaclases com orientação mais ou menos vertical originam-se por deformação frágil a que a rocha ficou sujeita já no estado sólido (rígido e frio). As diaclases mais ou menos horizontais normalmente são posteriores, resultando da descompressão por alívio de carga litostática, formando cubos e paralelepípedos.

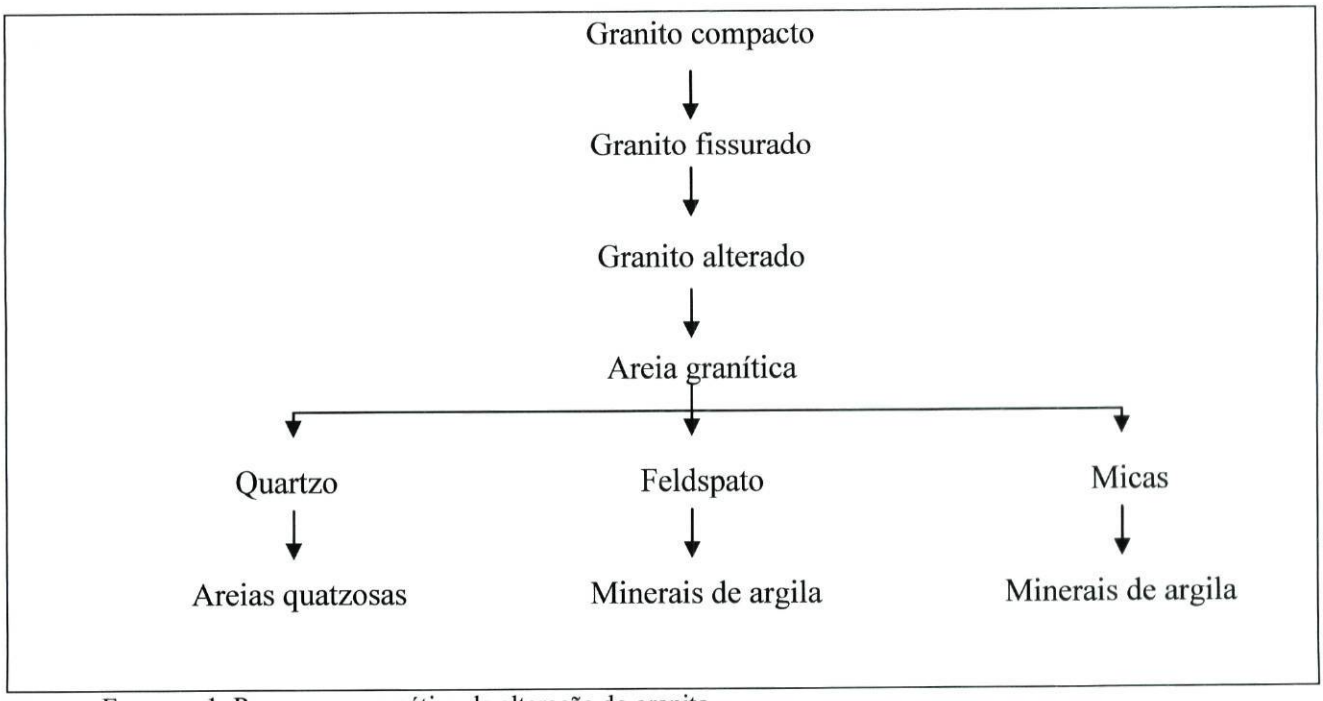
A água pode infiltrar-se através das fissuras e diaclases existentes. Na região em estudo por vezes a água congela. Como consequência vai verificar-se um alargamento das fissuras e a desagregação da rocha. No momento do degelo fragmentos de granito destacam-se.

As plantas, e por vezes alguns animais, favorecem a desagregação, quando as raízes penetram nas fendas e as alargam.

As diaclases favorecem a desagregação física do granito, provocada pela acção da água. Ocorrendo preferencialmente nas superfícies e vértices dos blocos. Sendo mais intensa nos vértices tende a tornar os blocos mais ou menos arredondados, ficando com o aspecto de bolas típicas – Caos de Blocos, perdendo as arestas vivas que são desgastadas. Estes blocos quando há declive podem rolar pelas encostas. Ao longo dos tempos os blocos continuam a sofrer alterações, diminuindo as suas dimensões, acabando mesmo por desaparecer ao fim de vários milhares de anos.

A nível de alteração química são principalmente os feldspatos e as micas as mais afectadas, originando minerais de argila, ficando o quartzo praticamente inalterado, acabando por formar areias quartzosas.

Esquematicamente pode-se resumir a alteração do granito da seguinte forma:



Esquema 1: Resumo esquemático da alteração do granito.

APLICAÇÕES DO GRANITO

O Homem ao longo dos tempos tem utilizado os granitos, nas regiões onde é mais frequente, para diversas aplicações.

A construção de habitações em granito tem evoluído desde tempos imemoriais, adaptando-se ao gosto e necessidades de cada época, tendo como paradigmas a segurança e durabilidade.

A arquitectura e construção de castelos, monumentos, templos, casas, edifícios, tem usado diferentes tipos de pedra natural:

- pedra maciça para alvenaria e cantarias;
- placas para revestimentos de paredes interiores e exteriores.

Nos revestimentos interiores vêem-se granitos nas mais diversificadas situações: degraus de escadarias, pavimentos de chão (salas, cozinhas, entradas), soleiras, plintos, pias, mesas, bancos, balcões (de cozinhas, cafés), lareiras, fogões de sala, colunas.

No exterior usam-se granitos nas calçadas, passeios, ruas, muros, colunas, guarnições de portas e janelas, pórticos, escadarias exteriores, varandas, ornatos de fachadas, cornijas, pilares, balaústes, bancos e mesas de jardim.

Utiliza-se muito o granito na arte da estatuária e escultura, em elementos decorativos e ornatos diversos.

Na agricultura encontra-se o granito nas vedações dos terrenos, a formar esteios, etc.

É muito frequente encontrarem-se granitos na arquitectura dos cemitérios.

É também importante a exploração de granito para produção de brita, gravilha, areia e pó para betuminosos. Produtos aplicados em grande volume na construção civil e obras públicas.

1.4- ROCHAS SEDIMENTARES

As rochas sedimentares representam cerca de 75% da superfície e apenas 5% do volume total da Terra (CHERNICOFF, 1999).

Formam-se na superfície da crosta terrestre a partir de rochas e matérias pré-existentes, ou por precipitação química.

A característica mais notável nestas rochas é a sua disposição em estratos (camadas).

É comum aparecerem fósseis de animais e plantas nas rochas sedimentares.

Durante a sua formação podemos distinguir quatro etapas:

1- EROSÃO

A acção dos agentes erosivos, tais como a água, o ar, o vento, os seres vivos, a gravidade, as variações de temperatura, etc., sobre as rochas existentes à superfície, vão provocar alterações físicas e químicas. Desta meteorização formam-se materiais (sedimentos) que vão ser transportados para outros locais;

2- TRANSPORTE

O arrastamento pelos agentes de transporte (água – das chuvas, rios glaciares, vento) dos produtos de desagregação para outros locais onde vão ser depositados;

3- SEDIMENTAÇÃO

Deposição dos materiais, geralmente em bacias de sedimentação, por acção da gravidade e em estratos;

4 -DIAGÉNESE

Corresponde à transformação do aspecto ou do estado de agregação das partículas, ou seja corresponde à consolidação e cimentação dos sedimentos.

Quanto à sua origem as rochas sedimentares classificam-se em três grupos:

1- DETRÍTICAS

Resultantes dos fragmentos sólidos (detritos), provenientes de rochas pré-existentes (ígneas, sedimentares, ou metamórficas), e podem ser:

- Soltas ou móveis (ex. areias, calhaus);
- Coerentes ou consolidadas (ex. xistos, arenitos, conglomerados).

2- QUIMIOGÉNICAS ou de precipitação química

Resultam da precipitação de substâncias químicas dissolvidas na água (ex. calcários).

3- BIOGÉNICAS

Resultam de restos de seres vivos animais ou plantas (ex. carvões, petróleo).

Segundo uma **outra classificação** (GASS *et al.*, 1984), tendo em conta os constituintes das rochas sedimentares:

1- ROCHAS TERRÍGENAS

São formadas por sedimentos provenientes de uma fonte exterior, que sofreram transporte.

A principal classificação das rochas terrígenas baseia-se na dimensão dos grãos:

- **Ruditos,** cuja dimensão dos grãos é superior a 2 mm (como por exemplo os conglomerados, as brechas e os tilitos).
- **Arenitos,** em que as dimensões dos grãos variam entre 1/16 e 2 mm (ex. grauvaques).
- **Lutitos,** a dimensão dos grãos é inferior a 1/16 mm (ex. argilas, argilitos, siltitos).

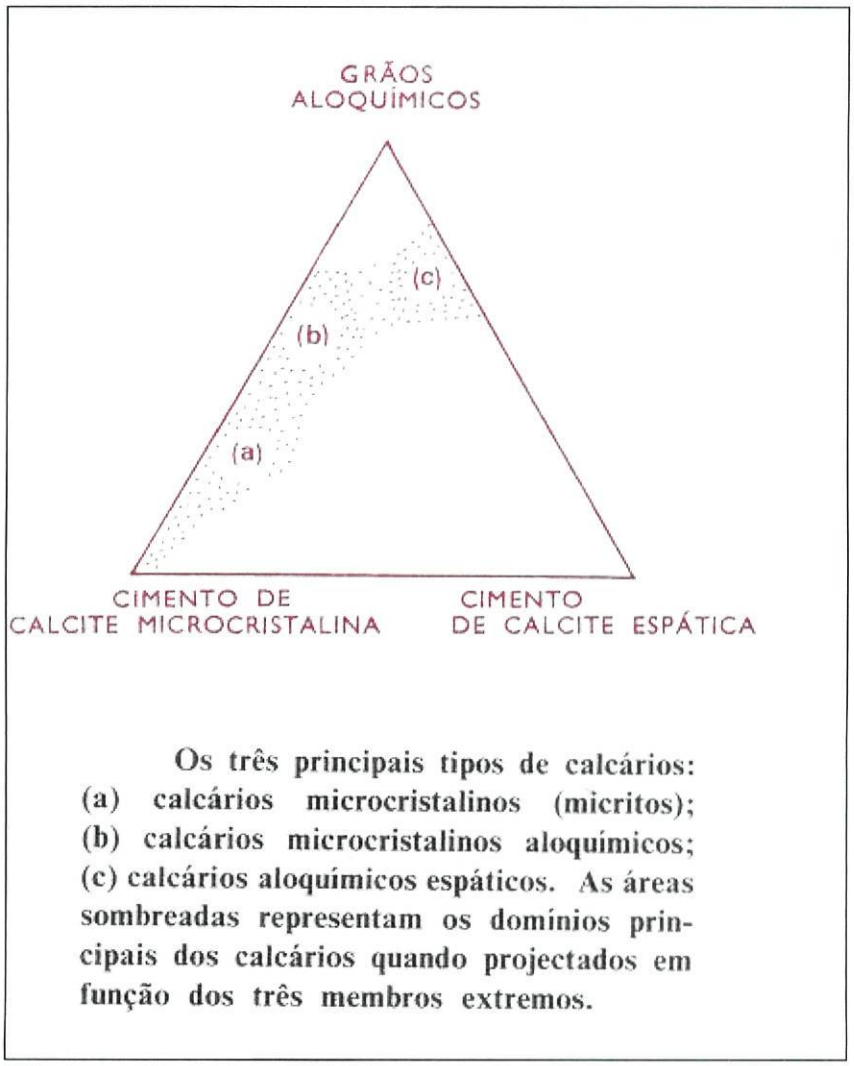
2- ROCHAS ALOQUÍMICAS

As rochas aloquímicas são formadas por materiais quimicamente precipitados, formados no local de deposição e que sofreram algum transporte (ex. calcários conquíferos, oolíticos).

3- ROCHAS ORTOQUÍMICAS

Formam-se a partir de materiais quimicamente precipitadas no local de deposição, sem sofrerem transporte (ex. calcários de grão fino, rochas salinas - evaporitos).

Os constituintes ortoquímicos apresentam-se em agregados de calcite finamente granulada, ***os micritos***, e agregados mais grosseiros, ***os esparritos*** (cimento de calcite espática). Na figura 9, está representada a distribuição mais comum dos tipos de calcários:



Os três principais tipos de calcários: (a) calcários microcristalinos (micritos); (b) calcários microcristalinos aloquímicos; (c) calcários aloquímicos espáticos. As áreas sombreadas representam os domínios principais dos calcários quando projectados em função dos três membros extremos.

Fig. 9 - Distribuição dos tipos de calcários. Extraído de GASS *et al.* (1984).

CALCÁRIOS

Resultam da precipitação de $CaCO_3$ (carbonato de cálcio, que origina o mineral de calcite). Geralmente possuem cores claras, podendo escurecer devido à existência de impurezas.

As texturas dos calcários são muito variáveis devido às complexas e variadas origens das rochas carbonatadas (BLATT, 1992).

O carbonato de cálcio é insolúvel em água pura. No entanto, a água se contiver dióxido de carbono, forma-se o ácido carbónico que reage com o carbonato de cálcio formando-se hidrogenocarbonato de cálcio que é solúvel. Esta reacção é reversível, quando as condições assim o permitem, e traduz-se pela seguinte fórmula:

$$\underset{\text{(carbonato de cálcio)}}{CaCO_3} + \underset{\text{(ácido carbónico)}}{H_2CO_3} \Leftrightarrow \underset{\text{(hidrogenocarbonato de cálcio)}}{Ca(HCO_3)_2}$$

Esquema 2: Fórmula da dissolução do Carbonato de Cálcio na presença de ácido carbónico ou de dióxido de carbono.

A reversibilidade destas reacções está na base da formação das paisagens típicas de certas zonas calcárias: o **modelado cársico:** lapiás, dolinas, algares, poljes, galerias e grutas subterrâneas, estalactites estalagmites, colunas, rios subterrâneos, terra rossa.

A água da chuva, ao cair, arrasta consigo dióxido de carbono existente na atmosfera. Fica, deste modo, em condições de dissolver o calcário, corroendo-o e erodindo-o, criando nas rochas fissuras e depressões que lhe dão um aspecto esculpido (os Lapiás). Por vezes depois deste processo originam-se depósitos de argilas vermelhas, que se encontravam misturadas com os calcários, a que se dá o nome de Terra Rossa.

Normalmente as regiões calcárias apresentam um aspecto árido e sem água à superfície, uma vez que a água se infiltra pelas fissuras que podem ir alargando progressivamente o que, a alguma profundidade, dá origem a galerias subterrâneas que podem atingir dimensões consideráveis, grutas. Estas grutas resultam da dissolução continuada provocada pelas águas ricas em dióxido de carbono, que vão "destruíndo" a rocha produzindo espaços ou cavernas subterrâneas.

As águas que circulam no tecto das grutas devido a infiltrações, como já passaram pelo maciço e o dissolveram, contêm finas partículas de calcário. O dióxido de carbono ao libertar-se da água vai permitir a deposição muito lenta destas partículas, ao longo de milhões de anos, formando as estalactites (estruturas que se formam por deposição de calcário nos tectos das grutas), as estalagmites (formações que se elevam na base das grutas por deposição de calcário). Quando se unem as estalactites e as estalagmites formam uma coluna.

As rochas calcárias como são extremamente fissuradas permitem uma rápida infiltração da água, decorrendo secura superficial, daí que a vegetação seja escassa e característica, abundando a água subterrânea.

Aplicações do Calcário

Nas regiões onde existem calcários, estes são utilizados das mais diversas formas.

Na construção de edifícios, igrejas, templos, muros. Como exemplos, em Portugal, podem referir-se o Mosteiro da Batalha, Mosteiro de Alcobaça, Mosteiro dos Jerónimos e Torre de Belém.

A revestir interiormente algumas fachadas de edifícios, como placagens, na pavimentação de entradas de prédios.

É muito frequente encontrar calcários, sob a forma de cubos com diversas dimensões, a pavimentar ruas, passeios, calçadas.

Na arte da escultura e estatuária, também, são usados calcários.

A cal é produzida a partir dos calcários.

Entram na composição de alguns adubos agrícolas, no sentido de regular a acidez dos solos.

A partir de algumas rochas sedimentares com características adequadas obtêm-se britas de boa qualidade para a construção civil e obras públicas.

1.5- Rochas Metamórficas

Evoluem a partir de outras rochas pré-existentes no interior da Terra devido à acção dos agentes de metamorfismo (Pressão, Temperatura, Fluídos, Tempo), e sem provocarem mudanças de estado físico, ou seja, sem entrarem em fusão.

Temperatura, pressão e actividade química dos fluídos interagem diferentemente em ambientes geológicos diversos produzindo rochas metamórficas (Chernicoff, 1999). Estes ambientes produzem tipos distintos de metamorfismo:

- Metamorfismo de Contacto (ou Termal), este tipo de metamorfismo ocorre quando o calor de uma intrusão entra em contacto com as rochas circundantes, afectando-as numa área restrita. A circulação de fluídos também influencia este tipo de metamorfismo.
- Metamorfismo Regional, quando as condições de pressão e temperatura afectam rochas com áreas muito vastas. Dentro deste tipo de metamorfismo o autor salienta dois tipos:

1- **Metamorfismo "Burial" ou de Afundimento**, quando as rochas são afectadas em extensões superiores a 10 Km, resultando da combinação de pressões confinadas e temperaturas geotermais;

2- **Metamorfismo Dinamotermal**, ocorre durante os processos de formação das montanhas, envolvendo forças de pressão directa associadas a energia geotermal proveniente de magmas mantélicos.

Além destes dois tipos de metamorfismo mais frequentes (regional e de contacto), Chernicoff (1999), refere ainda:

- Metamorfismo Hidrotermal

  Ocorre devido à alteração química de rochas pré-existentes devido à acção de águas termais;
- Metamorfismo em zonas de falha

  As rochas são alteradas devido a fricções que provocam pressões directas elevadas;
- Metamorfismo de choque ou impacto

  Ocorre quando um meteorito choca com a superfície da Terra, provocando pressões e temperaturas elevadas, que levam as rochas a sofrerem alterações;
- Pirometamorfismo

  É causado pelas elevadíssimas temperaturas que ocorrem ocasionalmente em ambientes sujeitos a pressões relativas elevadas.

As rochas podem sofrer diferentes graus de metamosfismo: baixo, médio, alto, originando diferentes tipos de rochas metamórficas (BUSH & TASA, 2000). O grau de metamorfismo é um parâmetro do metamorfismo, indicando quanto as rochas metamórficas diferem das que lhe dão origem. Por exemplo, na série pelítica temos a seguinte sucessão (que corresponde a metamorfismo regional):

Argilito → Xisto Argiloso → Ardódia → Filito → Micaxisto → Gnaisse → Migmatito.

O argilito e o xisto argiloso formam-se ainda na fase de diagénese. A ardósia origina-se na transição da diagénese para o metamorfismo propriamente dito. Os filitos formam-se em zonas de baixo grau de metamorfismo. Os micaxistos em médio grau de metamorfsmo. O gnaisse sob condições de alto grau de metamorfismo e os migmatitos formam-se em condições de anatexia.

É de referir que a série pelítica apenas acontece em condições de metamorfismo regional (que alguns autores associam aos orógenos, pelo que também o denominam de orogénico) em que as condições de metamorfismo apenas têm a ver com a temperatura, reflectindo-se directamente na mineralogia metamórfica.

No caso do metamorfismo de contacto, associado a intrusões magmátias, nas zonas próximas da fonte de calor formam-se corneanas e nas zonas mais afastadas originam-se os xistos mosqueados.

A- ELEMENTOS ESTRUTURAIS DAS ROCHAS METAMÓRFICAS

Segundo FERREIRA (1972), a análise dos elementos estruturais nas rochas metamórficas deve iniciar-se pelas escalas mesoscópicas (propriedades visíveis em amostras de mão) e macroscópicas (propriedades definíveis no afloramento). Só posteriormente se fará o estudo das estruturas microscópicas.

1- Alguns exemplos de elementos estruturais às escalas macroscópicas e mesoscópicas:

NOTA: Entenda-se por escala macroscópica, as propriedades definíveis no afloramento; escala mesoscópica, as propriedades visíveis em amostras de mão; e escala microscópica, as propriedades observáveis ao microscópio.

1.1- Dobras. Correspondem a deformações plásticas, irreversíveis e permanentes. Geometricamente podem ser caracterizadas pela forma das superfícies de referência, tais como, os planos de estratificação ou foliação, planos axiais, charneira, lineações.

Podem ser simétricas ou assimétricas, sendo sempre estruturas secundárias que decorrem do encurvamento de uma superfície estrutural, originalmente, plana.

Um dobramento corresponde a um estado de deformação finita heterogénea, variando de ponto para ponto. Resultando, então, da sobreposição de uma deformação heterogénea a um estado prévio de deformação (compressão homogénea) uma dobra traduz o comportamento ductil do material deformado (BORGES,1984).

1.2- Foliações. Dentro destas estruturas há a referir:

- Estratificação, disposição dos sedimentos em camadas;
- Clivagem de fluxo, também conhecida por clivagem de plano axial ou clivagem xistosa, corresponde a uma estrutura planar penetrativa paralela ao plano axial de dobras similares, geralmente é marcada por uma fraca recristalização dos minerais filitosos;
- Clivagem de crenulação, aparece geralmente associada a dobramentos de pequena dimensão, correspondendo a estruturas planares visivelmente induzidas por cisalhamento, que pode ser oblíqua ou paralela a outras foliações, podendo aparecer em um ou dois sistemas conjugados;
- Clivagem de fractura, é uma estrutura planar que não afecta toda a rocha, pela qual a rocha se divide com facilidade e representa como que um diaclasamento fino;
- Laminação gneissosa, alternância de bandas de espessura milimétrica de diversas litologias;
- Xistosidade, quando os cristais recristalizam intensamente, notando-se perfeitamente os planos de foliação, e a rocha separa-se facilmente por esses planos mas a superfície é irregular, pode desenvolver-se sobre a clivagem de fluxo ou de crenulação;

1.3- Lineações, estruturas lineares, podendo ser cristais alongados, arranjo paralelo de cristais, estrias de falhas, eixos de dobras, oólitos alongados.

2- Seguem-se alguns exemplos de estruturas à escala microscópica (podendo também ser visíveis a nível mesoscópico):

2.1- Propriedades geométricas dos cristais, tendo a este nível em consideração: o arranjo das inclusões; o intercrescimento dos cristais, o zonamento de cristais, as rotações internas e externas dos cristais, maclas, bandas de deformação, lamelas de deformação, "Kinks", fracturas nos minerais.

2.2- Elementos de relação entre os cristais, devendo ter-se em consideração: a forma e dimensão dos cristais dos diversos tipos mineralógicos, diferenças de mineralogia nos diversos domínios, orientações preferidas; determinação das variações de orientação preferida dentro de microdomínios; preferência para os minerais existirem sobre certas foliações ou as cortarem, ou estarem dispostas obliquamente, como suspeitas de terem sido deslocadas por cisalhamento.

Após a análise dos diversos parâmetros, acabados de descrever, pode-se falar em **textura das rochas metamórficas:**

1- ISOTRÓPICA, onde se incluem as texturas:

- Granoblástica, caracterizada pela existência de grãos equidimensionais e sem qualquer orientação, típica das rochas de metamorfismo de contacto, (ex. corneanas);
- Cataclástica, quando existem cristais visivelmente fracturados e sem orientação preferida;
- Diablásica, se existir um intercrescimento e dois ou mais cristais, de tal forma que os cristais tenham uma disposição mais ou menos radiada.

2- ANISOTRÓPICA. Dentro deste tipo são comuns os termos:

- Textura gneissosa, em que os minerais formam camadas alternadas de minerais claros e escuros, típica dos gneisses.
- Textura Nematoblástica, quando os cristais orientados são aciculares ou fibrosos (como as anfibolas);
- Textura Lepidoblástica, quando existem cristais lamelares (ex. micas), subparalelos, orientada (ex. xistos e micaxistos).

MÁRMORE

Rocha de cores claras – geralmente branco, contendo por vezes impurezas que podem ser minerais alongados ou achatados, como as micas. Estes minerais aparentam ter uma orientação preferencial, dada a sua proveniência ser de rochas sedimentares que se formaram em camadas ou que composicionalmente estavam em camadas.

São rochas de aspecto cristalino, constituídas essencialmente por grãos cristalinos de calcite e/ou dolomite. Muito raramente ocorre a aragonite. Outros minerais como quartzo, grossularite, talco, serpentina, brucite, tremolite, diópsido, moscovite, biotite, flogopite, epídoto, forsterite, grafite, sulfuretos e óxidos de metais podem também estar presentes.

Possuem propriedades idênticas às dos calcários, uma vez que resultam da sua metamorfização, por acção da temperatura e pressão, podendo resultar de metamorfismo de contacto ou regional.

Fazem efervescência com ácidos.

APLICAÇÕES DO MÁRMORE

Os mármores são muito usados na arquitectura dos cemitérios, em variadas aplicações (construção de capelas, jazigos, lápides, vasos, ornamentos dos jazigos).

Na construção civil são frequentes para a pavimentação de escadarias, pavimentação de chão (de entradas, salas, cozinhas e outras aplicações), no revestimento de balcões, nos parapeitos e soleiras de janelas e portas, em algumas fachadas interiores e exteriores de edifícios (sob a forma de placas).

Na arte decorativa têm diversas aplicações: tampos de mesas, cinzeiros e diversos objectos decorativos.

O mármore é sobretudo utilizado na fabricação de esculturas e estátuas.

2- A INDÚSTRIA EXTRACTIVA E O AMBIENTE

2.1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

Desde os tempos mais remotos que o Homem usa os recursos que o Planeta lhe oferece para os mais variados fins.

A segunda metade do século XX está marcada por um grande desenvolvimento a diversos níveis e sem precedentes, mas há que ter em conta as consequências que advêm desse facto. Aumentou a poluição e a degradação com consequentes graves ameaças para a saúde humana e para o meio natural.

No que diz respeito à exploração de recursos naturais em pedreiras o seu volume de trabalhos tem aumentado, devido às necessidades cada vez maiores de materiais para a construção civil, obras públicas, fins ornamentais, cerâmica, química, adubos, que aliado à utilização de equipamentos mecânicos poderosos tem acentuado os problemas a nível paisagístico, urbanístico e ecológico.

Das diversas inventariações que se têm feito, mais de metade do produto interno bruto gerado pela indústria extractiva tem origem na exploração de pedreiras.

Como consequência directa da forma e intensidade como a actividade de exploração de pedreiras a céu aberto tem vindo a ser desenvolvida, actualmente verificam-se alguns problemas a nível ambiental. Mas, analisando a utilização que o Homem tem dado à pedra, bem como os benefícios económicos para o país e para as comunidades, é impensável prescindir de tão importante recurso natural. É necessário encontrar soluções de equilíbrio entre a exploração e preservação dos recursos e a preservação do ambiente (MOURA, 1999)

Quando se fala em indústria extractiva de rochas, o ambiente e a recuperação paisagística são uma preocupação constante e que se impõe devido quer a forças políticas quer sociais (MIRANDA, 1990).

Com alguma frequência observam-se: terrenos férteis a serem ocupados e destruídos; montanhas e paisagens arrasadas; crateras, originadas pelas explorações, abandonadas constituindo perigos paisagísticos que se agravam devido à sua utilização na deposição de lixos ou retenção de águas estagnadas, tornando-se zonas insalubres.

O ruído e as poeiras provocam diversas perturbações que se agravam com a construção desordenada de habitações nas imediações das pedreiras.

Nas britagens, assumem particular preocupação os efeitos das poeiras sobre as povoações, as estradas, a fauna e a flora.

A exploração dos recursos naturais, na actualidade, é uma actividade que na prática requer a utilização de conhecimentos muito diversificados, que vão desde a interpretação do mapa geológico até à avaliação do Impacte Ambiental (LUZÓN *et al.*, 1998a).

2.2- ROCHAS NATURAIS: SUA ACTIVIDADE PRODUTIVA E PERSPECTIVAS DE FUTURO NO NOSSO PAÍS.

Nos últimos tempos as rochas ornamentais a nível mundial atingiram grandes volumes de exploração.

O nosso país insere-se na zona de maior produção de pedra natural do Mundo, o Continente Europeu (MOURA, 2000), sendo a região da Galiza e o Norte de Portugal particularmente rica em rochas ornamentais naturais que podem ser utilizadas, contribuindo muito para o desenvolvimento e criação de riqueza dessa área (MOURA, 1999). Encontrando-se espalhadas um pouco por todo o país diversas rochas ornamentais naturais.

Diversas são as rochas naturais utilizadas, sendo as magmáticas mais usadas desde tempos antigos até aos nossos (CARVALHO, 1997). Dentro deste grupo os granitos assumem especial preferência, por diversas razões, nomeadamente por serem mais abundantes e as mais resistentes aos agentes erosivos.

É principalmente no interior Norte e Centro que os granitos estão mais representados. Estes granitos estão associados a fenómenos da Orogenia Hercínica, que ocorreram no Paleozóico. Geocronologicamente classificam-se como sintectónicos, tarditectónicos e postectónicos em relação a D_3, estando as suas idades compreendidas entre 310 e 280 milhões de anos (CARVALHO, 1997). Os maciços mais explorados no Norte e Centro de Portugal, distribuídos na Zona Centro-Ibérica do domínio Hercínico Peninsular, estão enquadrados na classificação referida, revelando facies que estiveram sujeitas a duas fases de deformação hercínica (FERREIRA *et al.*, 1987).

Instaladas sobretudo no Norte e Centro, a esmagadora maioria das pedreiras são de granitos e granitóides, que apresentam diversas granulometrias e cores muito variadas: cinzento, amarelo, rosa, vermelho, etc. (CARVALHO, 1997).

Do ponto de vista comercial, o granito é uma rocha compacta, normalmente com textura granular e susceptível de ser polida, (MOURA, 1999).

Outras rochas são extraídas com fins utilitários diversos a nível do nosso país, tais como: calcários, mármores, ardósias, xistos, quartzitos, serpentinitos, etc.

2.3.- Legislação da Exploração de Pedreiras e o Ambiente

Até 1982 o Governo, na maioria dos casos, não tinha possibilidade de autorizar ou negar concessões para exploração de pedreiras devido à desconexão de medidas legislativas que na generalidade eram ineficazes, bastando uma declaração de pedreira, acompanhada de autorização da Câmara Municipal, para que uma pedreira se instalasse.

Deste modo, a Administração Pública, pouco ou nada podia fazer relativamente às explorações. Em 1987, começam a surgir alguns artigos nos jornais, onde autarcas e membros do governo lançam as primeiras "sementes".

Em 1988, devido à necessidade de intervir num caso pontual, surge o decreto-lei 196/88 de 31 de Maio, onde são determinadas medidas de protecção ambiental nas explorações extractivas.

No Diário da República de 16 de Março de 1990 foi publicado um "pacote" de novas leis do sector mineiro relativamente às rochas ornamentais. Recentemente saiu o Decreto-Lei 270/2001 de 6 de Março, com medidas rígidas que levam à "protecção do ambiente" e "recuperação paisagística".

Posteriormente outra legislação veio complementar e aperfeiçoar a existente. Desde 1990 que é obrigatória a realização de Análises de Impacte Ambiental (AIA) e para que um projecto de exploração seja licenciado no caso de explorações com áreas superiores a 5 ha e/ou produção anual de 150 000 toneladas é necessário um Estudo de Impacte Ambiental (Sousa, 1994).

Entende-se por EIA (Estudo de Impacte Ambiental) um instrumento que compatibilize o aproveitamento dos recursos minerais e a preservação do ambiente, devendo esclarecer a intensidade e a importância dos impactes significativos, explicitando alternativas e medidas minimizadoras e de controlo dos impactes negativos (González, 1990).

A AIA corresponde ao processo de análise que prevê os impactes que um dado projecto ou actividade causará (Sousa, 1994).

No que diz respeito à Higiene e Segurança no trabalho de Minas e Pedreiras, existia o decreto-lei 18/85 de 15 de Janeiro, que era omisso relativamente às explorações a céu aberto, sendo substituído pelo decreto-lei 162/90, de 22 de Maio, cujo novo regulamento contempla as pedreiras no capítulo XVII, artigos 123º a 139º.

Os instrumentos legislativos que existem hoje em dia obrigam à obtenção de uma licença para todos os casos de exploração, sendo essa competência atribuída às Câmaras Municipais no caso de pequenas explorações.

Além das explorações já existentes terem de se adequar, definiram-se normas de funcionamento e criaram-se condições para a recuperação das zonas após o encerramento da pedreira.

A consolidação de áreas cativas, a defesa do solo agrícola, o alargamento das zonas de protecção das pedreiras, a definição de deveres do explorador, a celebração de contratos entre explorador e dono do terreno e a regulamentação da intervenção das autoridades, proporcionam condições favoráveis à resolução dos problemas causados pelas pedreiras.

2.4- Impacte Ambiental das Pedreiras

A indústria extractiva em explorações a céu aberto para a produção de rochas ornamentais e industriais (nomeadamente inertes) é uma das principais causas de degradação do ambiente resultando, com frequência, alterações drásticas na topografia original, perturbações a nível da estabilidade física e mecânica das formações geológicas, desequilíbrios nos sistemas naturais e criação de paisagens com reduzido valor estético (Costa, 1992).

A planificação para o arranque de uma pedreira é muito importante, reflectindo-se nos impactes que provocará. Segundo Ragone (1997) a abertura ou reabertura de uma pedreira deve ter em conta:

1- Estudos geológicos detalhados. Estes estudos são indispensáveis, dado que proporcionam informações quando à qualidade, potencialidades e definição dos processos de lavra, permitindo alcançar maior eficácia produtiva.

2- Estudo das operações a serem levadas a cabo no local, nomeadamente sobre: volume de terra que cobre a zona a explorar, padrão morfológico do depósito, condições de acesso e de trabalho, descontinuidades e linhas de fractura.

3- Análise de mercado. Estudo sobre as potencialidades de introdução dos produtos nos mercados locais, regionais e internacionais.

4- Organização estrutural. Está relacionada com o número de operários e suas tarefas na pedreira.

5- Métodos e técnicas de desmonte, que serão definidas pelos parâmetros geomorfológicos da área e os organizacionais.

6- Requisitos de manuseamento e transporte, que terão de estar de acordo com todos os estudos anteriores.

7- Programação dos trabalhos de desenvolvimento, elaborados em várias sessões: geologia, organização do trabalho, serviços e infra-estruturas e recuperação paisagística.

Para que a exploração de um maciço seja considerada boa será necessário, segundo Moura *et al.* (1996):

- Bons estudos geológicos e estruturais do maciço;

- Definição de áreas de localização das pedreiras dentro dos Planos de Ordenamento Territorial, equacionando-se sempre o seu impacte ambiental;
- Atribuir o direito de exploração a quem:
  . aproveitar as matérias primas da área seleccionada segundo planos de lavra e assegurar a deposição de estéreis de forma adequada;
  . garantir a conciliação entre a exploração e a protecção do ambiente, bem como das pessoas e bens;
  . realizar planos de recuperação paisagística pré-definidos.

Apesar da fase extractiva de uma pedreira ser a principal responsável pelos impactes ambientais, as disfunções causadas pelas pedreiras podem colocar-se a três fases:

2.4.1- Antes da extracção

A localização de uma pedreira coloca problemas delicados em relação aos solos agrícolas. Em Portugal apenas 25% dos solos possuem qualidade agrícola, pelo que a sua ocupação e destruição deve ser evitada, ao ambiente, à paisagem e ao meio humano que a rodeia.

A transformação de rochas para fins industriais, nomeadamente a britagem, provoca efeitos negativos muito grandes (principalmente ruídos e poeiras) que se podem fazer sentir a grandes distâncias, isto comparando com a transformação de rochas ornamentais. É então aconselhável a sua localização em zonas distantes das populações, bens, edifícios, vias de comunicação, etc. (FIGUEIRA *et al.*, 1995b).

Os trabalhos preliminares para a instalação de uma pedreira, nomeadamente a prospecção e pesquisa e mais tarde os trabalhos de instalação, podem prejudicar muito a zona, principalmente devido à desflorestação, remoção de terras e perturbações causadas às populações pelo ruído, poeiras, movimentos de camiões e máquinas.

A localização será o factor preponderante na resolução de problemas ambientais, uma vez que tem influência no grau de impacte da actividade, sendo desaconselhável a actividade transformadora em espaços não vocacionados (FIGUEIRA *et al.*, 1995b).

É certo que a localização da actividade extractiva está condicionada pela existência do recurso. Já a localização da actividade transformadora deverá ser o resultado da ponderação de vários factores, tais como: racionalização dos transportes, proximidade da matéria prima, existência de trabalhadores qualificados, actividade comercial, etc. (FIGUEIRA *et al.*, 1995a).

2.4.2- Durante a extracção

Devido a todo o volume de trabalhos é nesta fase de execução do projecto de exploração a céu aberto que ocorrem os principais impactes ambientais. Ruídos e vibrações provocados pelos equipamentos e explosões, poeiras, movimento da maquinaria em geral e dos camiões de transporte,

fumos e gases por eles emanados, resíduos de óleos, entre outros, podem provocar graves problemas se não forem bem tratados.

De acordo com GONZÁLEZ (1990), SOUSA (1994), MARTINS (1994) e CUPETO (1995), os impactes que as pedreiras causam podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Ar
- Água
- Solo
- Fauna e flora
- Paisagem
- Processos e riscos geológicos
- Património natural, cultural e infra-estruturas
- Aspectos sócio - económicos
- Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho

Cada uma destas categorias será analisada separadamente quanto à forma, previsíveis medidas de mitigação e controlo, apesar de na prática se encontrarem todas intimamente relacionadas.

2.4.2.1- Impactes sobre o ar

A qualidade do ar é afectada pela actividade extractiva, nomeadamente devido à emissão de poeiras e aos ruídos produzidos.

A emissão de poeiras vai provocar danos na saúde pública quer dos trabalhadores das explorações quer das populações próximas.

As vibrações, associadas ao ruído e explosões, podem provocar perturbações de natureza fisiológica, que normalmente atingem os operários e degradam os imóveis (MATOS, 1994)

A flora e a fauna são muito afectadas, uma vez que a acumulação de poeiras provoca quedas prematuras das folhas, redução da fotossíntese, perdas no crescimento, diminuição da imunidade e pragas diversas (COSTA, 1992).

As poeiras que se formam nas instalações e explorações a céu aberto podem ter diversas origens, nomeadamente: pilhas de concentrados ou produtos finos, instalações de fragmentação, rebentamentos com explosivos, estradas onde circulam viaturas pesadas (GONZÁLEZ, 1990).

Para minimizar o efeito das poeiras podem ser adoptadas medidas como: fragmentação e moagem de britas pela via húmida, rega contínua do solo, de preferência com jactos de aspersão. No caso do uso de produtos contendo polímeros solúveis que possuem funções de retardar a

evaporação e aglomerar partículas a rega pode ser descontínua; nos rebentamentos de pegas de fogo a solução seria usar jactos de água produzidos por um monitor hidráulico (GONZÁLEZ, 1990).

As vias de acesso deverão ser pavimentadas e/ou regadas, ser instalados dispositivos de redução, captação e recolha de poeiras, efectuar medições frequentes, protecção de cargas com coberturas, lavagem sistemática do equipamento, entre muitas outras medidas que deverão ser tomadas (COSTA, 1990). Ideia reforçada por LUZÓN *et al.* (1998b), referindo que podem ser adoptadas medidas como: humedecer periodicamente as zonas por onde passam os camiões; localizar, na medida do possível a exploração em locais abrigados dos ventos dominantes.

Os ruídos produzidos devem-se à utilização da maquinaria e aos rebentamentos, provocando, de acordo com COSTA (1992), danos na saúde pública, dos trabalhadores e das populações limítrofes, nomeadamente perturbações do sono, interferências no discurso, afectando também a fauna e a flora.

Segundo DIOGO (1993), o ruído é o factor de risco mais frequente na actualidade a nível de todos os sectores de actividade, e o sector da exploração de pedreiras é sem dúvida muito ruidoso. O ruído é responsável pela existência de grande número de trabalhadores sofrendo de surdez profissional, levando também a situações de desatenção, desconforto, irritabilidade, que podem conduzir a acidentes e incidentes de trabalho e diminuição da capacidade produtiva.

A prevenção é a forma mais eficiente para reduzir os riscos na saúde provocados pelo ruído Algumas medidas de precaução devem ser adoptadas utilizando dispositivos anti - ruído ou diminuindo os ruídos nas operações de extracção, transporte e transformação, nomeadamente através do uso de abafadores de ruído pelos trabalhadores, sinalização dos locais muito ruidosos, implementação de máquinas pouco ruidosas, medições frequentes dos níveis de ruído, fixação de distâncias mínimas de protecção, plantação de vedações de vegetação suficientemente espessas e diversificadas (COSTA, 1992; DIOGO, 1993).

Para corrigir e proteger os efeitos provocados pelos ruídos nas explorações, LUZÓN *et al.* (1998b), apresentam as seguintes medidas: evitar o uso de explosivos; utilizar maquinaria eléctrica; cobrir as cargas transportadas pelos camiões; desenvolver os trabalhos durante o dia.

2.4.2.2- Impactes sobre a água

Nas explorações a céu aberto é fundamental definir se a extracção é acima ou abaixo do nível freático, havendo necessidade de no primeiro caso gerir os caudais pluviais e no segundo de criar um sistema de drenagens sujeito a uma cuidada gestão hidráulica (GONZÁLEZ, 1990).

As principais medidas de agressão à água são, segundo COSTA (1992):

. descargas de efluentes com sólidos em suspensão, levando ao aumento da turbidez dos cursos de água, o que vai afectar as plantas e animais quer pela abrasão quer pela diminuição dos níveis de luz que afectam a fotossíntese, diminuindo a produção de nutrientes que irá afectar toda a cadeia alimentar, verificando-se uma diminuição do valor estético dos cursos de água, aumentando os riscos de inundação devido à siltagem e no caso dos rios provoca riscos para a navegação.

. interferência no regime hidrogeológico, com rebaixamentos nos níveis freáticos, esgotamentos de poços e nascentes, infiltração de poluentes.

. contaminação de águas superficiais e subterrâneas por descargas de óleos e outras substâncias.

. modificação da drenagem superficial, aumentando os riscos de erosão e inundação.

Com o objectivo de minimizar estas consequências devem ser tomadas medidas tais como: recolha e tratamento dos efluentes, por exemplo por decantação, antes de atingirem as linhas de água, colocação dos aterros e escombreiras em locais estáveis e longe das linhas de água, controlo dos rebaixamentos dos níveis freáticos (COSTA, 1992).

Deve, também, proceder-se à drenagem dos maciços, quer por canais de recolha de águas superficiais, quer por drenos horizontais associados a caleiras de recolha, ou ainda por galerias de drenagem associadas a drenos horizontais ou inclinados, (CUPETO *et al.*, 1994).

LUZÓN *et al.* (1998b) acrescentam ainda que se devem construir condutas de água orientadas para zonas onde se decantam as partículas em suspensão.

2.4.2.3- Impactes sobre o solo

Como já se referiu, por vezes nas fases iniciais das explorações a céu aberto é necessário remover camadas de solo arável, levando à perda de áreas agrícolas e florestais. Outra das agressões frequentes sobre o solo é a sua contaminação devido a derramamentos de óleos, ácidos, e outros produtos tóxicos, provocando acumulação de concentrações anormais de poluentes (GONZÁLEZ, 1990; COSTA, 1992).

A preservação do solo deve ser feita evitando o derrame de substâncias tóxicas, recorrendo ao tratamento prévio dos efluentes, e todo o solo removido deve ser cuidadosamente empilhado e preservado para posterior reposição quando ocorrer a desactivação da exploração. Os empilhamentos de solo podem ser povoados com arbustos, evitando a erosão, criando cortinas arbóreas e enriquecendo o solo em húmus (GONZÁLEZ, 1990).

2.4.2.4- Impactes sobre a fauna e a flora

Nos factores anteriormente descritos já se referiram algumas agressões provocadas pelas explorações sobre a fauna e a flora, nomeadamente a destruição de coberturas vegetais, com consequente destruição de habitats, perturbação das áreas limítrofes devido a sedimentos e substâncias contidas nos efluentes, emissão de poeiras, gases tóxicos e ruídos (GONZÁLEZ, 1990; COSTA, 1992).

Todas as medidas referidas atrás com vista a diminuir as agressões sobre o ar, a água e o solo quando devidamente aplicadas e controladas são significativas para evitar danos biológicos.

É apresentada por LUZÓN *et al.* (1998b) uma lista de medidas que consideram fundamentais para corrigir e proteger os danos provocados na fauna e na flora, tais como: realizar um inventário das espécies do local; comprovar que são espécies que podem viver em viveiros e de fácil recuperação; evitar o uso de explosivos, que afectam as aves e os insectos; não abrir novos caminhos, dado que provocam a destruição da vegetação e afecta o acesso dos animais aos seus destinos naturais; consciencializar os operários da importância do Meio Natural.

Desde 1997 que existe legislação (Dec.-Lei n.º 226/97) que protege os habitats naturais, bem como a fauna e a flora selvagens (LOPES, 1997).

2.4.2.5- Impactes sobre a paisagem

O impacte visual duma exploração a céu aberto em paisagens com enormes belezas, nota-se e normalmente é negativo. A degradação e destruição da paisagem natural bem como a introdução de elementos de fraco valor estético são comuns e infelizmente frequentes neste tipo de explorações. Opinião que é bem patente nas medidas correctoras e protectoras das paisagens de LUZÓN *et al.* (1998b), quando dizem que não se devem localizar as frentes de exploração dentro dos campos de visão.

Durante a fase de exploração as medidas minimizadoras do impacte visual e paisagístico passam pelo disfarce do efeito dos desmontes, implantando coberturas arbóreas de modo a encobrir total ou parcialmente a exploração, minimizando também muitos dos impactes já referidos (GONZÁLEZ, 1990).

Para LUZÓN *et al.* (1998b), algumas medidas de protecção da paisagem podem passar por: desenho de escombreiras em socalcos; rápida restauração das escombreiras; disfarçar as zonas de exploração conforme se vá regenerando. Sendo impossível reconstituir exactamente da mesma forma as paisagens iniciais, numa fase de desactivação da exploração várias podem ser as soluções de recuperação paisagística, a ser analisadas mais adiante.

2.4.2.6- Processos e riscos geológicos

Os processos e riscos geológicos das explorações estão, segundo COSTA (1992), associados a diversos factores, entre os quais se destaca a instabilidade dos taludes de escavação e de aterros que pode provocar acidentes com os operários e com os equipamentos na pedreira, alguma insegurança nas zonas limítrofes, a erosão, transporte e sedimentação de substâncias que podem ser arrastadas para as linhas de água.

Medidas de controlo de desprendimentos e escorregamentos de materiais rochosos e terrosos bem como o controlo da erosão, transporte e sedimentação devem ser aplicadas.

Para evitar a erosão LUZÓN *et al.* (1998b), apontam algumas medidas, tais como: retirar previamente os horizontes orgânicos e conservá-los; efectuar rápida revegetação das escombreiras; dotar as escombreiras de baixo declive e adequado sistema de drenagem.

2.4.2.7- Património natural, cultural e infraestruturas

Um dos aspectos do impacte sobre o património natural é a delapidação de montanhas e cabeços provocados pela contínua remoção de rocha, contra o qual nada se pode fazer.

Assim para evitar danos geomorfológicos mais graves e acentuados deve-se recuperar e revegetar as zonas de extracção, bem como desenhar taludes de exploração e escombreiras estáveis e sem formas angulosas (LUZÓN *et al.*, 1998b).

Quanto a outros aspectos, deve ser preservado todo o património espeleológico, arqueológico, arquitectónico, nomeadamente protegendo grutas, achados arqueológicos; devem ser controlados os efeitos das explosões nas casas e edifícios, fiscalizadas as cargas e descargas e preservadas as vias de comunicação.

2.4.2.8- Aspectos sócio-económicos

Aqui serão de salientar os impactes positivos que resultam da actividade extractiva, podendo-se referir a criação de postos de trabalho directos e indirectos, bem como todas as estruturas sócio-económicas que lhe estão associadas e que podem promover o desenvolvimento das regiões. Em alguns casos a economia regional depende praticamente da indústria extractiva.

2.4.2.9- Segurança, higiene e saúde no trabalho

O trabalhador da indústria extractiva está sujeito a problemas de doenças e acidentes profissionais, alguns já mencionadas anteriormente. Estes problemas devem-se principalmente a falta do incumprimento da legislação no que diz respeito à saúde, higiene e segurança no trabalho. Estas falhas devem-se sobretudo a lapsos na organização dos serviços (sinalizações, vedações e

falta de cuidados diversos por parte dos trabalhadores, nomeadamente no que diz respeito aos equipamentos de protecção (máscaras, óculos de protecção, protectores auriculares, capacetes e outros) e ao manuseamento inadequado dos equipamentos, maquinarias explosivos.

Muitos dos problemas de trabalho, como doenças, stress, acidentes, podem ser minorados utilizando tecnologia mais evoluída, o que vai também aumentar a rentabilidade, preservando o recurso humano (FIGUEIRA *et al.*, 1995b)

2.4.3- Após a exploração – encerramento

O principal problema que se coloca no fim de uma exploração é a recuperação paisagística quer a nível das escombreiras quer a nível das depressões.

As escombreiras, que normalmente possuem produtos de granulometrias diversas, devem ser colocadas em zonas estratégicas de forma a diminuir o impacte visual e os riscos de contaminação e desmoronamento. A melhor forma de recuperar estéreis é, segundo GONZÁLEZ (1990), promover a instalação de uma cobertura vegetal, minimizando os impactes visuais e erosivos, reduzindo a oxidação e lixiviação dos sulfuretos.

O vento e a água são os agentes que maior erosão provocam, sendo agravada pela falta de cobertura vegetal (GAMA & RIBEIRO, 1990).

Quanto à recuperação da própria exploração, muitas vezes as depressões são usadas como depósitos de lixo e de resíduos, causando problemas de salubridade. A acumulação de águas da chuva pode originar zonas muito perigosas no que diz respeito à segurança e higiene.

Após o abandono, a legislação obriga o explorador à recuperação paisagística, sendo importante que os locais não sejam abandonados sem intervenção para evitar, por exemplo, que se tornem locais muito perigosos onde podem ocorrer acidentes com crianças que inadvertidamente para lá vão brincar, ou depósitos clandestinos de resíduos ou outros, dando origem a acontecimentos dificilmente controláveis como o que se ilustra na figura 10:

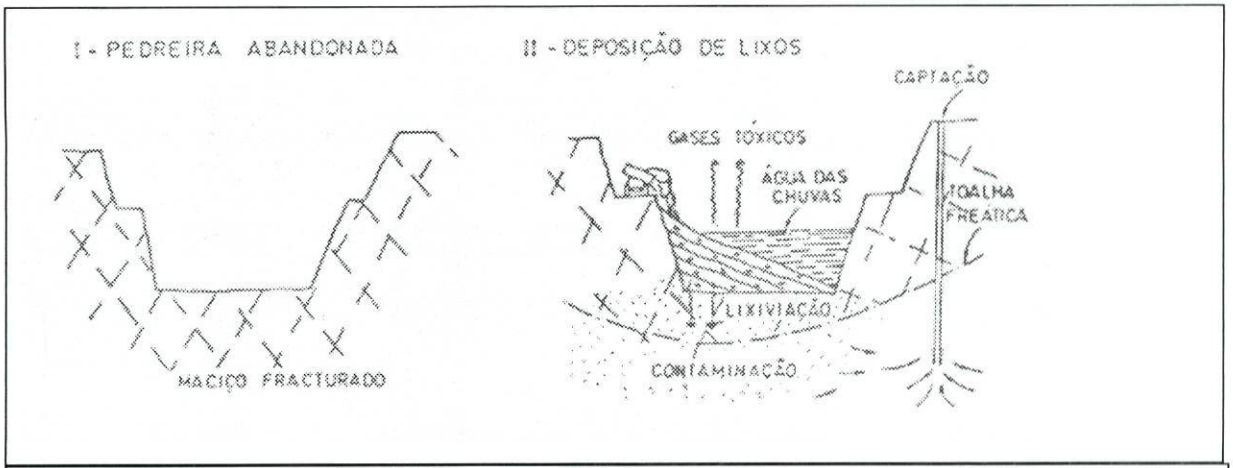


Fig. 10- Exemplo de um abandono não contolado de uma pedreira – estraído de COSTA (1988).

A possibilidade de recuperação de uma pedreira pode, segundo MATOSO & RAMALHO (1992), resumir-se a:

1- Reaproveitamento económico directo, para a agricultura ou outro, aquacultura intensiva, armazenamento de água (figuras 11, 12,13 e 14, adaptadas de MATOSO & RAMALHO, 1992).

2- Enquadramento e integração das pedreiras na paisagem envolvente, não com carácter produtivo directo mas muito importante para a conservação e valorização do equilíbrio paisagístico e biofísico, podendo constituir óptimas zonas de recreio e turismo (figuras 15 e 16, adaptadas de MATOSO & RAMALHO, 1992).

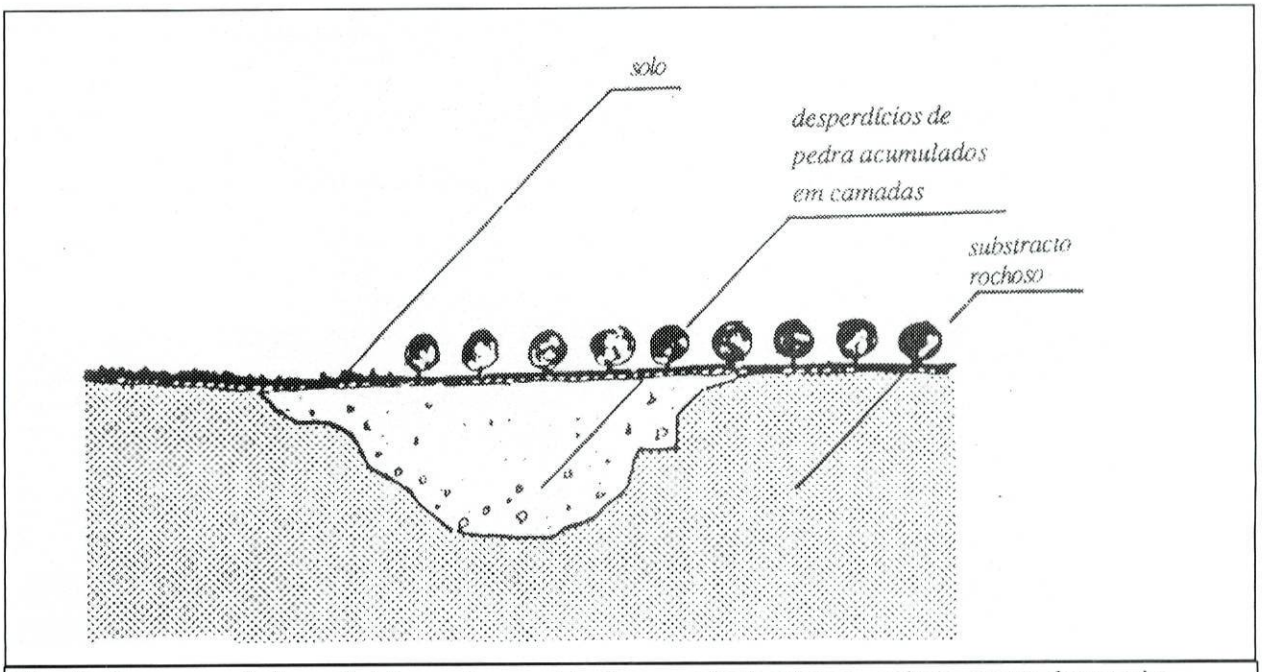


Fig. 11- Pequenas pedreiras – Entulhamento completo do uso agrícola anterior – cultura arvense de sequeiro e olival.

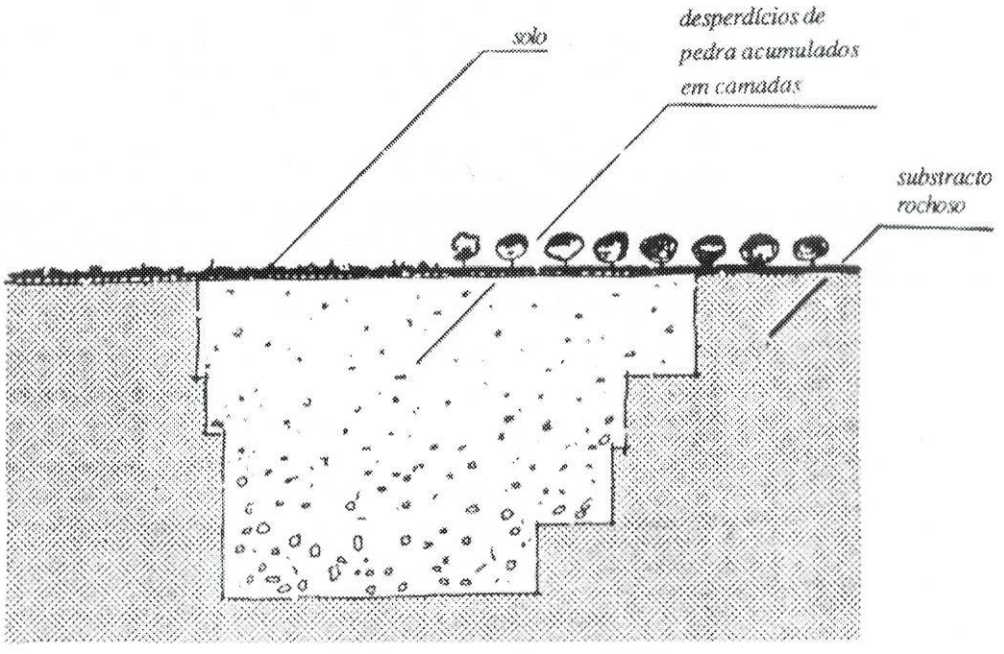


Fig. 12- Pedreiras de grandes dimensões – Entulhamneto completo e restauração do uso agrícola anterior ou implantação de um uso agrícola adequado.

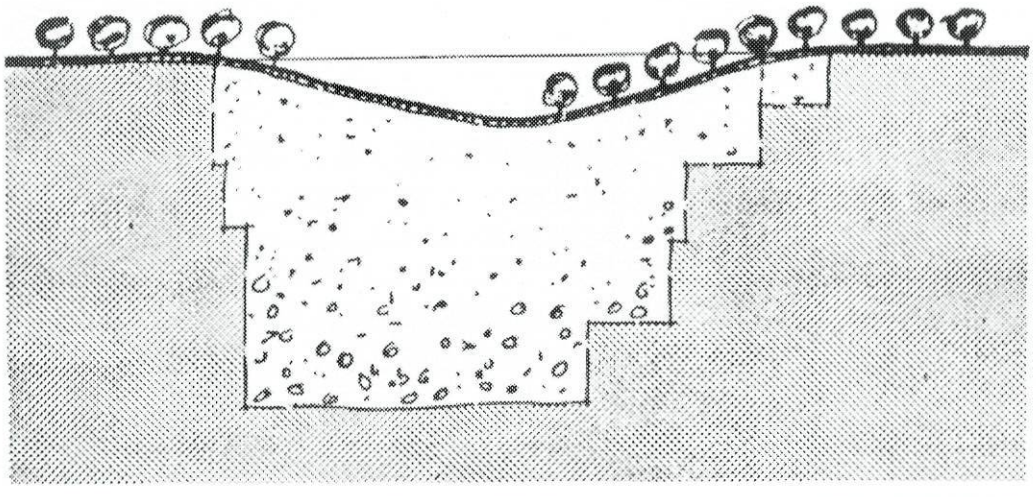


Fig. 13- Pedreiras de grandes dimensões – Entulhamento quase completo e restauração do uso agrícola anterior ou implantação de um novo uso agrícola.

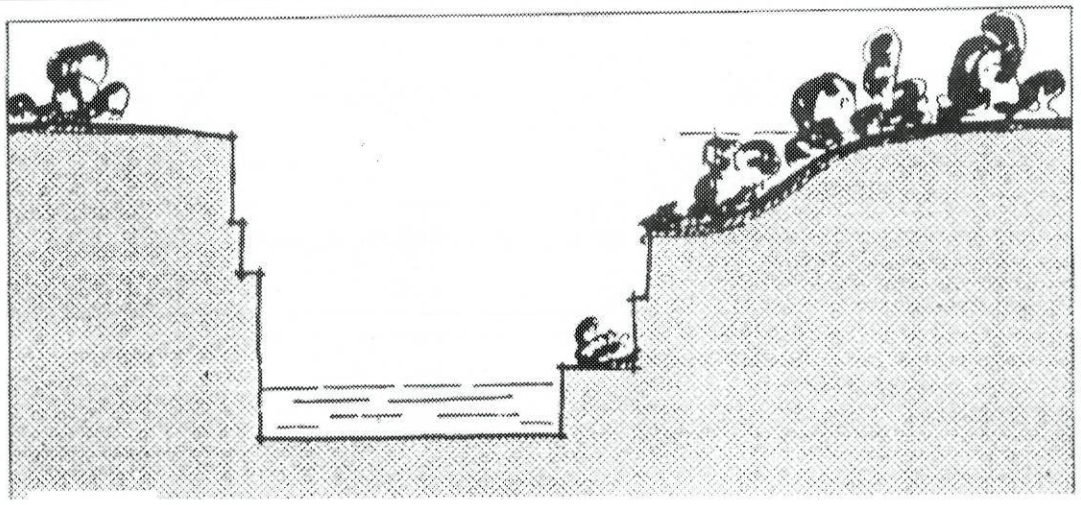


Fig. 14- Pedreiras de grandes dimensões- Entulhamento pouco significativo, formação de lagoa para acumulação de águas com fins diversos - mas não para recreio por falta de segurança.

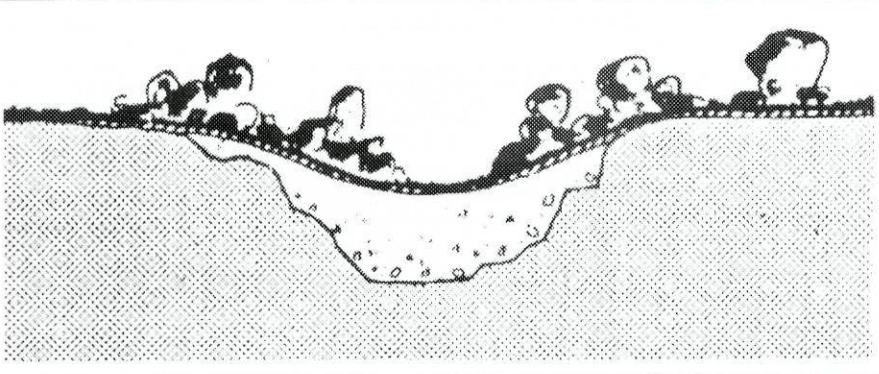


Fig. 15- Pedreiras Pequenas – Enchimento parcial do fosso, plantação de árvores, arbustos e ervas nas vertentes.

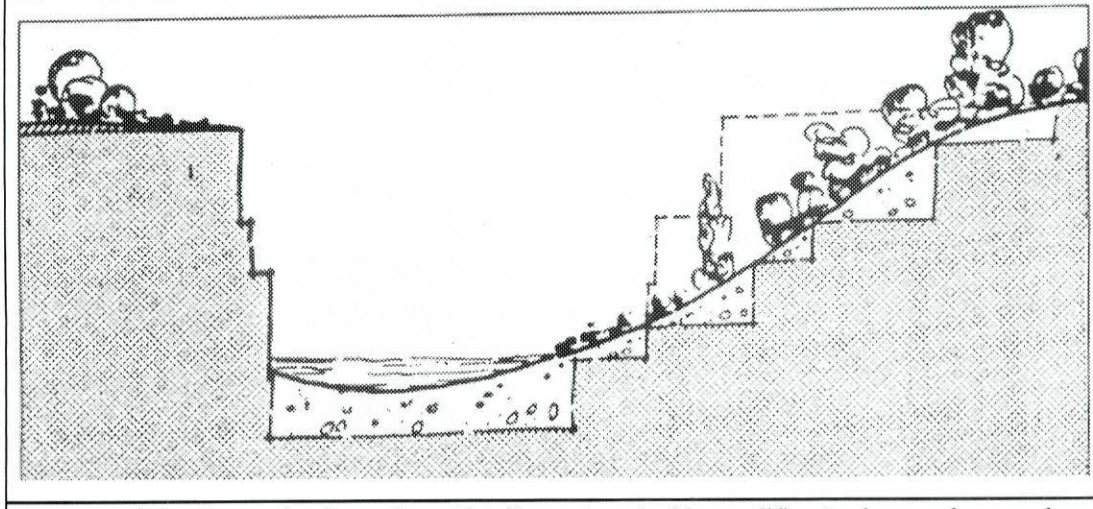


Fig. 16- Pedreira de grandes dimensões – Entulhamento reduzido, modificação das paredes para dar segurança ao aproveitamento possível para recreio.

3- Os minerais e suas Acções sobre o Organismo Humano

Desde os tempos mais remotos que se associam determinadas doenças, nomeadamente as respiratórias, a trabalhos relacionados com longas exposições a poeiras, como é o caso dos trabalhos mineiros.

São consideradas poeiras as partículas sólidas cujos diâmetros variam entre 0,1 e 150 μm, formando-se por desintegração de matérias sólidas devido a esmagamento, trituração ou fricção. (Startwel *et al.*, 1965).

Será importante conhecer, antes de mais, um pouco sobre os minerais mais agressivos para o Homem e a sua proveniência.

No quadro I, estão representadas as concentrações de alguns elementos em rochas e minerais em ppm (Barros, 1983):

Tipo de Formação	Cd	Cr	Cu	F	I	Pb	Li	Mo	Se	Zn
Rochas Ultrabásicas	0–0.2	1000-3400	2-100	-	0.06-0.3	1	0.5	0.3	0.05	40
Rochas Basálticas	0.006-0.6	40-600	30-160	20-1060	0.5	2-18	3-50	0.9-7	0.05	48-240
Rochas Graníticas	0.003-0.18	2-90	4-30	20-2700	0.5	6-30	10-120	1-6	0.05	5-140
Xistos e Argilas	0-11	30-590	18-120	10-7600	212-380	16-50	4-400	2.6	0.6	18-180
Xistos negros	0.3-8.4	26-1000	20-200	-	-	7-150	-	1-300	-	34-1500
Argilas dos fundos marinhos	0.1-1	90	250	1300	11-50	80	57	27	0.17	165
Calcários	0.05	10	4	0-1200	0.4-29	9	5-10	0.4	0.08	20
Grés	0.05	35	2	10-880	1.7	1-31	7-90	0.2	0.05	2-41
Fosforitos	0-170	30-3000	10-100	24000-41500	-	10-30	-	3-300	1-100	20-300
Cinzas de carvões	2	10-1000	2-40	40-480	1-11	2-50	2-30	0.2-16	0.4-3.9	7-108

Quadro I- Concentração de alguns elementos em rochas e minerais (ppm) (adaptado de Barros, 1983)

De acordo com o National Institute for Occupacional Safety and Health (NIOSH), 1977, são cerca de duas centenas os minerais conhecidos pelas suas acções tóxicas e/ou provocarem danos no Homem. Tais minerais estão distribuídos pelos seguintes grupos (BARROS, 1983):

Elementos nativos	Ag, S, Te, Ta
Sulfuretos	Sb, As, Cd, Co, Fe, Pb, Mo, Ni, Tl
Cloretos	Al, NH_4, Bi, Ca, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Hg, K, Na
Fluoretos	Ba, Ca, Na, NH_4,Mg, K, Na
Arsenietos	Pb, Zn
Óxidos	Al, Sb, As, Be, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Te, Th, Tl, Ti, V, Zn, W
Hidróxidos	Al, Be, Ca, Fe, Mg
Ácidos	B
Carbonatos	Ba, Ca, Co, Cu, Pb, Mg, Ni, Na
Bicarbonatos	NH_4
Sulfatos	Al, NH_4, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Hg, Ni, K, Na, Zn, Zr
Nitratos	Ba, Ca, Cu, Mg, K, Na
Boratos	Ca, Na
Cromatos	Ca, K, Pb
Arseniatos	Ca, Mg, Cu, Fe, Pb, Zn
Fosfatos	Pb
Titanatos	Pb
Silicatos e	grupo da sílica

Quadro II- Grupos de minerais contendo elementos químicos nocivos ao Homem (adaptado de BARROS, 1983)

Fazendo uma listagem dos minerais potencialmente agressivos para o organismo humano, conhecem-se cerca de 190.

Os elementos químicos responsáveis pelas principais agressões no Homem são: As, Sb, Ba, Be, B, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Ta, Th, Ti, V, Zn, provenientes dos minerais mais comuns das rochas.

A perigosidade das substâncias para a saúde é determinada por diversos factores, nomeadamente a sua natureza química e as suas propriedades físicas. Por exemplo a velocidade de absorção, o carácter da reacção tecidular, a localização das lesões, a eliminação da substância, etc, dependem das suas propriedades químicas. Já as propriedades físicas como o tamanho, a forma e a

densidade das partículas influenciam a penetração destas no organismo (nomeadamente através das vias respiratórias), a sua taxa de solubilidade em relação à massa, e em alguns casos a reacção tecidular que provocam.

A perigosidade dos minerais depende de factores como: composição química, solubilidade, granulometria, morfologia, radioactividade. Não esquecendo a susceptibilidade do próprio organismo Humano, que varia de pessoa para pessoa, e com a própria idade, peso, estado de saúde, entre outros factores.

Os minerais e os elementos químicos podem entrar no organismo humano quando ingeridos (pelas vias digestivas), inalados (pelas vias respiratórias) ou através da pele. Sem dúvida que a porta de entrada mais importante é, de longe, a via respiratória, tendo sido responsável por diversas pneumoconioses e cancros no pulmão.

As substâncias nocivas para o organismo afectam de diversas maneiras a saúde das pessoas podendo:

- ter uma acção local directa sobre a pele , os olhos ou as vias respiratórias superiores;
- ser inaladas ou engolidas, exercendo uma acção prejudicial sobre as vias respiratórias inferiores ou sobre o tracto gastrointestinal;
- ser absorvidos pela corrente sanguínea, produzindo efeitos tóxicos gerais ou outras acções sobre os órgãos internos;
- produzir reacções alérgicas, que se manifestam por doenças da pele ou se localizam no aparelho respiratório;
- alterar a resistência do organismo às doenças infecciosas ou levar ao desenvolvimento de doenças crónicas, como o cancro.

Minerais contendo elementos químicos perigosos para a saúde humana

Dos minerais que constam no quadro II, diversos estão relacionados com o aparecimento de numerosas doenças. Estes encontram-se nas rochas mais comuns da crosta terrestre. Temos por exemplo o quartzo e outros minerais silicatados, minerais de Cálcio, poeiras de asbesto, etc.

1- Quartzo (sílica) e outros minerais silicatados

O mais abundante mineral da crosta terrestre – Quartzo – está relacionado com doenças como as fibroses nodulares pulmonares - Silicose, quando inalado por um longo período de tempo ou em grandes quantidades (GUNTER, 1999). Este tipo de doença ocorre frequentemente em trabalhadores mineiros e de pedreiras de granito, quartzo e feldspato.

A penetração e retenção de partículas de poeiras no organismo têm sido largamente estudadas.

Algumas partículas de quartzo quando inaladas podem ser removidas das vias respiratórias por vários mecanismos, dependendo do seu tamanho. Se não são removidas, depositam-se em diferentes zonas do aparelho respiratório. Partículas de tamanho superior a 15 μm depositam-se na parte superior nasal. Entre 10-15 μm de diâmetro na parte inferior. De 5-10 μm de diâmetro depositam-se na traqueia ou nos brônquios. Partículas inferiores a 5 μm podem penetrar na parte terminal dos bronquíolos e nos alvéolos desregulando a função dos pulmões (GOLDSMITH, 1994, *in* GUNTER, 1999).

Estando o quartzo e as doenças dos pulmões muito relacionados, fala-se muito em silicose. No entanto, com a recente classificação do quartzo como agente cancerígeno humano, o cancro do pulmão também está agora associado à inalação de quartzo. A silicose está mais relacionada com a inalação de grandes quantidades de poeiras de quartzo. É importante referir que a silicose não é um cancro, pertence à família das doenças chamadas pneumoconioses. A silicose é uma doença rara ao contrário do cancro do pulmão (GUNTER, 1999).

As partículas de sílica inaladas vão provocar a proliferação de tecido conjuntivo, formando nódulos densos e fibrosos. (STARTWEL *et al.*, 1965). A produção dos tecidos que formam as fibroses (tecido cicatricial que se forma após a inalação de substâncias) deve-se à destruição, pela acção de enzimas hidrolíticas existentes nos lisossomas, dos macrófagos (glóbulos brancos responsáveis pela remoção de corpos estranhos), que fagocitam as partículas de sílica. As partículas de sílica provocam a ruptura da membrana dos lisossomas fazendo com que as hidrólases sejam libertadas.(AZEVEDO, 1994). A descrição acabada de fazer encontra-se esquematizada na figura 17:

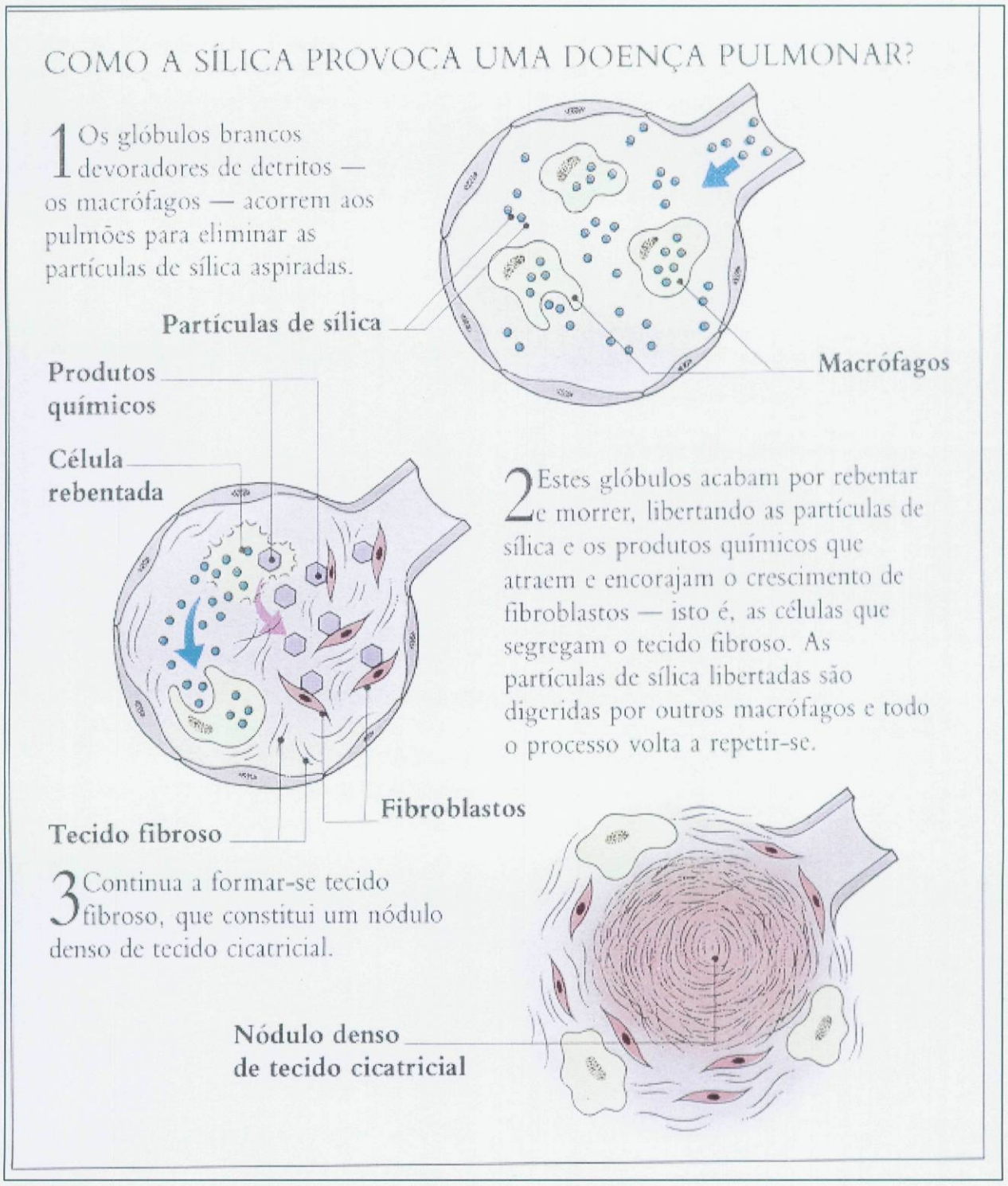


Fig. 17 : Mecanismo de evolução da silicose.(Extraído de SMITH, 1989).

A silicose apresenta diversos graus de desenvolvimento consoante a extensão da área afectada, podendo provocar complicações no funcionamento de outros órgãos, e fazendo baixar a resistência do organismo a doenças como a tuberculose. (STARTWEL *et al.*, 1965).

Também muito agressiva, a esclerose pleural, pode ser provocada pela inalação de poeiras de silicatos.

2- Minerais de cálcio

Minerais de cálcio como a antarticite, hydrophilite e a nitrocalcite, são solúveis na água provocando uma solução tóxica. A calcite só se torna tóxica quando ingerida em doses elevadas (a dose letal para o adulto é de 350 g).

3-Poeiras asbésticas

Os minerais de asbesto (tremolite-actinolite, antofilite, crisólito fibroso, crocidolite e amesite) existem em rochas como serpentinitos, mármores, anfibolitos, gnaisses, vários xistos metamórficos, existindo uma forte evidência de que são causadores de cancro de pulmão (AIRES-BARROS, 1983).

A asbestose é uma doença provocada pela longa exposição, inalação de grandes quantidades poeiras de asbestos, não é cancro, mas provoca distúrbios nos pulmões podendo, em muitos casos, levar à morte (GUNTER, 1999).

Tal como a silicose, a asbestose também é uma pneumoconiose. A grande diferença é que a asbestose é uma fibrose pulmonar fina, intersticial e difusa, que se desenvolve à volta dos bronquíolos terminais, estendendo-se às paredes dos espaços aéreos, em vez de provocar a formação de nódulos. (STARTWEL *et al.*, 1965).

Este tipo de fibrose leva ao aparecimento de enfisema e bronquiectasias. Os seus principais sintomas são a dispneia progressiva, tosse e perda de peso. Quando se verificam complicações devido a infecções respiratórias secundárias ou a comprometimentos cardíacos os indivíduos podem morrer.

O enfisema é uma doença caracterizada pela destruição das paredes dos alvéolos pulmonares (pequenos sacos de ar), que acabam por se fundir formando sacos maiores, reduzindo a superfície pulmonar, o que provoca diminuição das trocas gasosas, como é visível na figura 18:

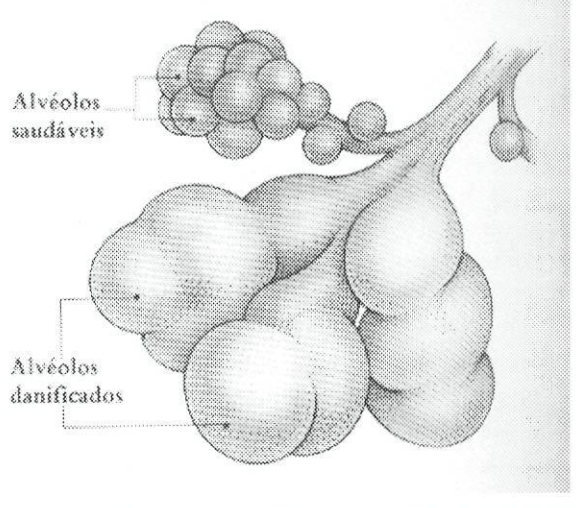


Fig. 18 : Representação esquemática de um enfisema. (Extaído de SMITH, 1989)

Os sintomas de enfisema compreendem a dispneia progressiva, tosse e um menor fluxo de ar quando se expira. (SMITH, 1989).

4- Outros minerais contendo partículas agressivas para o organismo humano, segundo BARROS (1983):

Minerais de arsénio e antimónio

Os de As são os mais tóxicos, seguindo-se os de Sb. A claudetite (AsO_s) e a arsenolite (As_2O_3) são dos mais tóxicos, sendo a sua dose letal, para um adulto, de 0,1 a 0,5 g. A acção destes minerais pode ir desde queimaduras do nariz e boca, até perturbações gastrointestinais e outras acções mais violentas.

Minerais de bário

Os de solubilidade mais fácil como a viterite (Ba Co_3), e outros merecem especial atenção.

Minerais de boro

A dose letal de borax ($Na_2B_4O_7$) é de 5-15g para um adulto e 3g para uma criança. É de alertar que este mineral se usa como fundente e como produto de limpeza, havendo o perigo de absorção pela pele.

Minerais de crómio

Os sais de crómio solúveis têm como valores letais para um adulto 5g.

Minerais de cobalto, (cobre e zinco)

A ingestão de água contendo doses elevadas de Co provoca o bócio, sendo a sua dose letal para adultos de 3-35g. A ingestão de minerais de cobre e zinco provocam perturbações gastrointestinais.

A inalação de minerais de cobalto pode produzir lesões nos pulmões e fibrose (SMITH, 1989).

Minerais de ferro

Por ingestão de sulfato ferroso é comum o envenenamento, sendo a dose letal para as crianças de 1g.

Minerais de chumbo

Este é venenoso em todas as suas formas, sendo particularmente perigosas as formas solúveis de arseniatos, carbonatos, cloretos, óxidos, fosfatos e sulfatos.

Minerais de mercúrio

A sua ingestão é perigosa bem como a exposição aos vapores resultantes da evaporação destes minérios, a dose letal oral de calometano (Hg_2Cl_2) é de apenas 0,35g para os adultos.

Poeiras de alta perigosidade de Be, Cd, Fe, Mn. V

A inalação de níveis elevados de berílio é muito perigoso para os pulmões. Levando mesmo, em alguns casos, ao aparecimento de fibroses (SMITH, 1989).

A inalação crónica de poeiras de cádmio provocam proteinúra e enfizema. Inalando cerca de 50 mg de monteponite (CdO) por metro cúbico durante uma hora, é dose letal.

A siderose e mesmo o cancro do pulmão, estão relacionados com a inalação prolongada de poeiras ferrosas, em especial hematíticas.

A siderose é uma pneumoconiose benigna, provocada pela exposição ao óxido de ferro. Este acumula-se em zonas dispersas dos pulmões provocando opacidades, que não são fibroses nem afectam a evolução da tuberculose (STARTWEL *et al.*, 1965).

As poeiras de manganês, nomeadamente as de pirolusite- MnO_2, podem provocar, quando inaladas, perturbações a nível do sistema nervoso central, bem como perturbações psiquiátricas como irritabilidade, dificuldades na fala e na locomoção.

A inalação de poeiras com minerais de vanádio está na origem de bronquites e broncopneumonias.

A bronquite corresponde a uma inflamação dos brônquios, tendo como consequências tosse e, ocasionalmente, a pieira ou respiração sibilante, a falta de ar e a expectoração abundante.

A broncopneumonia é a forma mais comum de pneumonia, durante a qual a inflamação alastra por todo o pulmão em pequenas manchas, podendo levar à morte.

Poeiras de minerais de crómio e níquel

Podem causar cancro de pulmão. O contacto directo com minerais de crómio, níquel, ouro e prata podem originar dermatoses e diversos tipos de alergias.

Minerais com acção tóxica

São de referir o cloreto de magnésio (bishofite) e o nitrato de magnésio (nitromagnetite) os quais quando dissolvidos em água originam uma solução ácida cáustica. O uso de epsomite (sulfato de magnésio) provoca desidratação e perda de peso.

Minerais de urânio podem provocar cancro de pulmão.

É de referir, ainda, as acções tóxicas que os minerais de selénio e de tálio podem ter sobre o organismo humano.

4- CALCÁRIOS, MÁRMORES E GRANITOS DA REGIÃO

Características, grau de explorabilidade e utilização

A zona entre Vimioso e São Pedro da Silva é caracterizada por possuir afloramentos de rochas eruptivas metalodoleríticas, em faixas, às quais se seguem calcários com intercalações de calcoxistos e xistos, que foram atingidas pela intrusão granítica de Caçarelhos, originando corneanas cálcicas, calcossilicatadas, anfibólicas, mármores, etc. (TEIXEIRA, 1981).

Os calcários da zona segundo MANUPPELLA & MOREIRA (1990), estão distribuídos em manchas que se encontram em Fonte Colaço (Vimioso), Moitoito, Santo Adrião e outras manchas a W.

Os calcários de Fonte Colaço, a E do campo de futebol, integram-se, segundo RIBEIRO (1974), na formação xistosa do Douro Inferior. Já foram explorados em tempos, estando actualmente cobertos por terrenos aráveis. Trata-se de um calcário cristalino, pouco silicioso, cinzento claro, de grão médio a fino (MANUPPELLA & MOREIRA, 1990).

Os autores referem que os calcários da zona de Moitoito também se integram, segundo RIBEIRO (1974), na formação xistosa do Douro Inferior, sendo cristalinos, pouco siliciosos, de grão médio, pouco xistosos, e por vezes encontram-se em bandas. Constituem, assim, matéria prima de óptima qualidade para ser usada nos mais variados fins, embora a possibilidade de exploração seja confinada à mancha maior, só para usos locais e sem implicar grandes investimentos.

Segundo os autores a zona de Santo Adrião possui uma extensão de calcários que atingem São Pedro da Silva, tratando-se de calcários pouco siliciosos, puros, cristalinos, de grão médio a fino, que estão intercalados, segundo RIBEIRO (1974), nas formações vulcano-sedimentar e xistosa do Douro Inferior.

Estes calcários, segundo TEIXEIRA (1981), de idade silúrica (embora esta idade seja problemática na opinião de CARRINGTON DA COSTA), correspondem a três tipos litológicos:

- Calcários cristalinos grafitosos, onde se observam vestígios de artículos de crinóides;
- Mármores, de tom claro às vezes rosado;
- Alabastros.

Os mármores da faixa oriental e mais próxima do granito são os mais puros, de cor branca nacarada, muito bonitos para ornamentação, e mesmo para estatuária, sendo explorados desde tempos muito antigos como demonstram vestígios encontrados, remontando possivelmente à época dos romanos (DELGADO, 1887). Como referem MOURA *et al.* (2000), os mármores de São Pedro da Silva finamente granulares, cinzentos com faixas alternadamente cinzentas e brancas de idade

silúrica, já foram explorados para fins ornamentais, o que já não acontece por estarem muito fracturados.

Segundo DELGADO (1887), os calcários cristalinos de Santo Adrião possuem cor branca, ou branca cinzenta-azulada às manchas ou mesmo em raias. As variedades mais claras dotadas de translucidez torna-os muito próprios para serem empregues na ornamentação e decoração arquitectónica.

Os calcários de grão médio a fino foram explorados para a produção de cal e blocos para ornamentação, estando esta última muito limitada devido à acentuada e por vezes caótica fracturação dos blocos, devendo utilizar-se paralelamente como matéria prima para correctivos de solos, produtos ultra-finos, alimentação animal, cal, cerâmica, etc. (MANUPPELLA & MOREIRA, 1990).

Próximo das Pedreiras de Santo Adrião existem diversas grutas revestidas de alabastro calcário branco ou amarelo, semitransparente ou translúcido (TEIXEIRA, 1981). DELGADO (1887), contabilizou quatro grutas na região.

Os granitos da zona, de acordo com a Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000, localizam-se a Este de Vimioso. A intrusão de Caçarelhos caracterizada como um granito de duas micas indiferenciado, orogénico sintectónico, sin D_3. Intrusão que ocorreu no Câmbrico Inferior. A Nordeste da vila, aparece uma intrusão mais recente, do Câmbrico médio, de granitóides biotíticos precoces, orogénicos, sin tectónicos em relação a D_3 (CARVALHO *et al.*, 1992).

O granito agora chamado de Caçarelhos foi classificado por DELGADO (1887) como um granito grosseiro de duas micas, sendo esta intrusão, segundo TEIXEIRA (1987), a que intruiu os calcários de Santo Adrião no lado nascente. A uma menor escala é natural que as intrusões possuam características mais pormenorizadas e próprias em cada local. Estas rochas foram e são utilizados para diversos fins ornamentais e industriais.

Das pedreiras saem pedras sob a forma de lajes ou blocos brutos (aparelhados) de diversas dimensões, para serem utilizadas em diversos fins, nomeadamente (MOURA *et al.*, 2000):

- Calçadas, sob a forma de cubos, paralelepípedos e outros elementos;
- Muros, utilizando elementos em formato bruto ou elementos com formato dimensionado;
- Equipamentos e mobiliário urbano, lajes para pavimentos, guias de passeio, bancos de jardim, decoração e ornatos diversos;
- Alvenaria e cantarias;
- Guarnições de portas e janelas;
- Colunas, pórticos, escadarias, varandas, ornatos de fachadas e cornijas;

- Espaços interiores, soleiras, plintos, pias, mesas e bancos toscos, peças de decoração artística, escadarias, lareiras e fogões de sala;
- Placagens de paredes e de pisos exteriores e interiores;
- Escadarias, degraus de escadas, patamares e rodapés;
- Arte funerária.

III- FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Sendo a Educação fundamental para a formação dos futuros cidadãos, Homens de amanhã a quem os destinos do nosso futuro e do nosso País serão entregues, parece-nos importante contribuir para uma maior formação científica dos professores, nomeadamente em áreas particularmente preocupantes, como são problemas ambientais.

Comecemos por reflectir sobre a aplicabilidade didáctica da Geologia.

O Ambiente e o Homem são inseparáveis, porque o ser humano esteve sempre ligado ao seu meio natural, mantendo uma interdependência dinâmica que lhe permitia a sobrevivência. Na actualidade, este equilíbrio mostra-se difícil, uma vez que, sobre o Ambiente, estão constantemente a decorrer agressões por parte de um Homem que não passa de um materialista. Desta forma o Ambiente necessita de ser protegido e conservado (MEDEIROS *et al.*, 1994). Neste sentido, TRILLO (2000), refere que, no âmbito das relações entre o Homem e a Natureza existem três aspectos fundamentais por enfrentar:

- a necessidade de contar com uma "Teoria da Terra", que permita albergar a coexistência da geosfera e da biosfera;
- a importância de partir de uma "Teoria da Humanidade", que incorpore e integre o cultural com o biológico do ser humano;
- e, finalmente, uma "Teoria do Meio Ambiente", como campo de interacção entre os seres humanos e a Terra.

AGUAYO & PRIETO (1994) salientam que a problemática ambiental se deve à acção do Homem (incluindo aqui os riscos/perigos, as intervenções e os impactes ambientais), mas também pode dever-se a causas naturais.

Fazendo uma revisão da história do progresso da geologia, pode-se constatar que, em cada época, existe avanço pela utilização dos conceitos e/ou tecnologias mais evoluídas. Este avanço está estritamente relacionado com as mudanças no sistema de ensino (ESCORZA, 1988). O autor refere ainda que o conhecimento e ensino, com ênfase na geologia, são mutuamente dependentes e se encontram interrelacionados, sendo estas vias paralelas. Por sua vez, essas vias devem avançar juntas, mesmo com as constantes discussões internas, porque são elas o seu principal motor de arranque e funcionamento.

Para ESPINET (1999) os problemas ambientais necessitam de uma acção social preventiva e correctora. Salienta ainda que a efectiva percepção e compreensão dos problemas ambientais não se podem limitar à análise das suas consequências e efeitos. Devem contemplar as causas e os efeitos.

Para tal, a reflexão e acção social têm que passar do diagnóstico à correcção e prevenção dos problemas ambientais. Num salto qualitativo deve passar-se da observação e valorização dos problemas ambientais à valorização crítica das actividades e da sociedade que gera os problemas.

Assim sendo, a geologia possui conceitos e ferramentas importantes para se conhecer o funcionamento do meio socio-natural, constituindo um dos pilares necessários para o planejamento da Educação Ambiental. Em alguns problemas ambientais, como sejam a erosão, a desertificação, os impactes das construções imobiliárias e das vias de comunicação, explorações mineiras e de areias, sobre-exploração e contaminação de aquíferos, a geologia participa activamente (AGUAYO & PRIETO, 1994).

GIJÓN (1988) alerta para o facto de, a Geologia, nos modelos didácticos não disciplinares, se converter numa ferramenta mais ao serviço da resolução de problemas, ao tratamento de um tema de interesse ou à análise de uma situação, porque todo o modelo didáctico responde a concepções dos processos de ensino-aprendizagem concretos. Assim, a geologia apresenta-se como uma ciência apta a participar na análise da realidade, adoptando bases metodológicas e epistemológicas determinantes na óptica ambientalista. Para o autor, a aposta em modelos interdisciplinares, na prática, pode trazer problemas vários, mas também pode trazer a esperança da possibilidade de novos sistemas de organização educativa.

A problemática ambiental e a forma de ultrapassar os problemas não pode passar por discussões económicas, onde são privilegiados os interesses de uma minoria, mas sim pela relação entre o Homem e o seu ambiente, desenvolvendo nas pessoas uma ética que as ajude a perceber a sua responsabilidade, face aos problemas actuais (MEDEIROS *et al.*, 1994).

A problemática ambiental deve ser definida, segundo TRILLO (1998), no conjunto da biosfera, e não apenas localmente, resultando desta forma em todo o processo um entrelaçar indispensável dos objectivos cognitivos, afectivos e estéticos, que devem caracterizar todo o projecto de educação ambiental, que pode conseguir-se de maneira natural através do estudo da paisagem. Para o autor a consideração da dinâmica futura assenta, tanto na contemplação da estrutura actual e passada da paisagem, como no enfrentar do que se quer que seja a paisagem, entrelaçando a perspectiva com a gestão dos recursos e a discussão de uma sociedade futura.

Assim sendo, a finalidade da Educação Ambiental pode sintetizar-se em propiciar um conjunto de atitudes e acções que favoreçam a interacção equilibrada do Homem com o meio. Para realizar essa intervenção é necessário basear-se em conteúdos conceptuais provenientes de diversas áreas, como sejam: Ecologia, Biologia, Geologia, Geografia, História, Tecnologia, assim como em procedimentos, técnicas e destrezas coerentes, com uma metodologia científica (AGUAYO & PRIETO, 1994).

As Ciências da Terra e o Meio Ambiente constituem um instrumento apto a compreender, de um modo global e, também, sistémico, a realidade que nos rodeia e as relações interdisciplinares. Por isso, aumentam a capacidade de percepção e valorização dos problemas relacionados com a sua exploração. Devem, ainda, contemplar, implicitamente, os principais objectivos, relacionados com a aquisição de capacidades conceptuais e atitudionais (HERRERO *et al.*, 2000). Os autores acrescentam, que, nos conteúdos estruturantes das matérias se deve ter em conta:

- a problemática actual, em concreto, os recursos e a questão do seu esgotamento, impactes e riscos/perigos;
- o corpo principal de conceitos sistémicos, para explicar as causas destes problemas ambientais;
- o conceito de sustentabilidade e os critérios operativos que se deduzem para entender as medidas que podem minorar a crise ambiental.

Os problemas mais referidos nos países industrializados resumem-se em três grupos:

- contaminação,
- "eliminação" de resíduos,
- esgotamento dos recursos naturais renováveis e não renováveis.

Os problemas concretos e específicos que se podem incluir nesta classificação são muitos, mas como ponto de partida esta classificação pode considerar-se razoável (ESPINET, 1999).

Em 1997 a união europeia enumerou outra classificação, mas que parece um pouco confusa, da qual se destacam (ESPINET, 1999):

1- gestão de recursos,

2- protecção da natureza,

3- gestão de espaço,

4- degradação do próprio ambiente,

5- riscos graves,

6- degradação do padrão de vida,

7- degradação da qualidade de vida.

Para finalizar HERRERO *et al.* (2000) alertam para o facto de, em matéria de educação ambiental, se ter em conta a opinião adoptada e estimulada pelas organizações internacionais, depois do Rio 92. Neste sentido, e fazendo uso das palavras da CNUMAD, assumidas pelo Mayor de Zaragoza, quando director da UNESCO, em 1997, todos os países devem estar preparados a replanear a educação, a fim de promover atitudes e condutas propícias a uma cultura de sustentabilidade.

Será então básico e necessário que se comece pela formação contínua dos professores. A este propósito RODRIGUES & ESTEVES (1993) referem que, desde há algumas décadas, é imperativo de todos os sistemas educativos melhorar a eficácia e a qualidade na formação de professores.

Se entendermos a educação como processo de mudança, estamos a dar-lhe uma dimensão social. Isto porque, através da educação, se faz a transmissão das normas, valores, crenças, hábitos e atitudes, que caracterizam e identificam as sociedades.

Face a todas as questões abordadas e à rapidez com que hoje as mudanças se operam na sociedade, a Escola precisa de as acompanhar e de lhes dar uma resposta. O que significa que a formação de professores necessita de responder a tais exigências. Assim, os professores deverão estar pessoal, sociocultural, pedagógica e cientificamente preparados para tais situações. A este propósito, RODRIGUES & ESTEVES (1993) referem que o professor necessita de ser sensível às transformações sociais, culturais e económicas, tendo em conta as necessidades da sociedade, que são cada vez mais diversificadas e novas.

A sociedade está em constante mutação, o que implica alteração na forma de pensar. A vida não se resume a viver e a contemplar passivamente os fenómenos que a rodeiam. Também significa agir e participar e, de acordo com as preferências de cada um, deseja-se e repudia-se, em função de valores, o que se pode sentir como algo de bom ou de mau, respectivamente.

Ao falar em sociedade levanta-se, naturalmente, a questão dos valores, que são uma constante da actividade humana. Vivem-se na prática e, conhecê-los é descobri-los e estimá-los como algo valioso para o Homem.

Para HOWE (1980), os valores são responsáveis por dar sentido e direcção à vida (*in* FONTES, 1990).

D'HAINAUT (1980) define os valores como transformações das necessidades, alteradas pelas exigências da sociedade e das instituições (*in* FONTES, 1990).

VASQUEZ refere que, todo o homem, seja qual for a sua forma de ser, é uma permanente vocação de valor (*in* FONDEVILLA, 1979).

Tanto assim é, que a História nos mostra que cada época se caracteriza por valores. Para a sua transmissão, a Escola também assumiu e assume, um papel privilegiado.

Relativamente à docência, esta possui uma dimensão socializadora e os professores ao formarem os alunos, estão a contribuir para a construção da sociedade. Mas a docência também possui uma dimensão política, ao pretender formar "cidadãos plenos" (SILVA, 1997).

A dimensão socializadora da educação escolar, dá aos professores uma função de serviço público, que vai de encontro aos interesses gerais da sociedade e aos valores que a orientam. Assim sendo, a educação pretende suscitar e desenvolver nos jovens, uma série de estados físicos,

intelectuais e morais, solicitados pela sociedade política e pelo contexto social. É a dimensão socializadora da educação.

Para DURKHEIM (1972) a educação consiste em acções que os adultos exercem sobre os jovens em formação, quando estes ainda não estão preparados para as vivências sociais.

Segundo ALVES-PINTO (1995), o Homem quando nasce não faz parte de uma sociedade. É durante o seu crescimento/desenvolvimento que as crianças, os jovens e os adultos se vão tornando membros da sociedade. A infância, a adolescência e a juventude são etapas fundamentais para a socialização e maturação, só podendo ser compreendidas no contexto social em que são vividas.

Em conclusão, verificamos que a educação é responsável pela transmissão dos conhecimentos e pela socialização. E os professores necessitam desta consciencialização.

Para o Conseil de L'Europe (*in* RODRIGUES & ESTEVES, 1993) a formação de professores tem que ser entendida como uma forma de educação permanente pessoal e profissional.

Nota-se, por vezes, uma desadequação dos saberes científicos, pedagógicos, pessoais, socioculturais, às necessidades diárias dos alunos e da sociedade global. É necessário, então, apostar numa cada vez maior formação, informação, a todos os níveis, destes agentes de ensino, os professores, quer estejam em formação inicial ou já com experiência profissional. É que, as transformações e as necessidades da sociedade variam muito e, por vezes, bruscamente, bem como a ciência, que se vai aperfeiçoando. Assim haverá uma necessidade premente de actualização dos docentes para conseguirem responder a essas exigências.

A aprendizagem da profissão docente não começa nos cursos de formação inicial, nem termina quando se obtém o diploma. É algo que o professor realiza ao longo de toda a sua vida (COSTA, 1993).

Para LADERRIÈRE (1981) e POSTIC (s/d) (*in* RODRIGUES e ESTEVES, 1993), a formação deve continuar por toda a carreira de forma coerente e integrada, não terminando na formação inicial, devendo responder às necessidades de cada um e às do sistema educativo, que se podem dever a mudanças sociais e/ou do próprio sistema de ensino.

Muitas vezes depara-se com situações em que a preparação científica dos docentes, em determinadas áreas, é deficitária, devendo-se ou a lacunas na sua formação inicial, ou adequação e evolução da ciência. É assim fundamental a formação contínua destes para aprenderem, actualizarem e valorizarem os seus conhecimentos científicos nunca esquecendo, está claro, o trabalho pedagógico. A este propósito RODRIGUES & ESTEVES (1993) referem que a formação inicial não tem obrigatoriamente que ser válida para todo o sempre. Um dos seus entrevistados até refere mesmo que: "não se pode aprender tudo (na formação inicial), até porque tudo é muita coisa":

A formação contínua de professores contempla todas as actividades organizadas ou pelas instituições credenciadas ou pelo professor, com o objectivo de promover o seu desenvolvimento profissional e a melhoria da qualidade de ensino (COSTA, 1993).

Para que os professores possam fazer uma articulação entre os conteúdos científicos e as estratégias de ensino-aprendizagem, é necessário dominarem bem quer a componente científica, quer a componente pedagógica, bem como possuir um forte conhecimento do grupo de alunos a quem vão ensinar e, da sociedade em que estão inseridos. RODRIGUES & ESTEVES (1993) indicam que o professor tem que possuir uma formação com duas componentes: a científica, na sua área, e a profissional, que durante muito tempo se restringiu às componentes pedagógica e didáctica. Referem ainda que hoje em dia muitos são os papéis atribuídos ao professor, não podendo este deter só o monopólio do saber de uma dada matéria curricular ou seja, não pode ser apenas o especialista do ensino aprendizagem de um dado conteúdo.

Para PRAIA (2000), não faz sentido pensar nos conhecimentos científicos alheados dos contextos sociais e dos actuais desenvolvimentos tecnológicos.

SILVA (1997), salienta o facto de que a docência lida com algo muito delicado do ser humano, que é o seu carácter. O professor deve, junto dos seus alunos, agir de forma a que estes adquiram valores, hábitos e costumes, que fortaleçam o seu carácter, tornando-os pessoas que se encaminhem para o bem. Desta forma, a educação, também, possui uma componente de formação da consciência moral, pelo que deve ser livre e autónoma.

Por isso, o professor contribui para o desenvolvimento social do aluno, devendo estar em constante sintonia com o mundo que rodeia a escola, tendo funções de instrutor e mediador, ajudando o jovem a adoptar valores próprios e a desenvolver capacidades críticas em relação aos assuntos (RODRIGUES & ESTEVES, 1993).

Devem, então, ser operadas alterações nos currículos de ciências, no sentido de, lentamente, darem respostas educativas aos problemas actuais. Estas respostas devem ser incluídas no movimento cada vez maior designado por C-T-S-A (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) (PRAIA, 2000).

Na ciência actual, não é possível uma estruturação lógica do conhecimento científico fora do contexto da sociedade e do desenvolvimento tecnológico. Ou seja, está-se perante uma tecnociência, que transforma a realidade e influencia, culturalmente, o comportamento e a forma de pensar (PRAIA *et al.*, 2000).

IV- METODOLOGIA

1- NOTA INTRODUTÓRIA

A prática lectiva tem permitido constatar que, por vezes, os professores apresentam algumas dificuldades na transmissão de alguns conteúdos programáticos, dado possuírem, talvez, pouca formação nessas áreas, podendo isso dever-se às diversificadas formações iniciais existentes no ensino superior, ou a um sem número de outras causas.

Assim NAVARRO (1988), refere que o Homem adquire a sua capacidade de acção tecnológica através da sua formação, que o prepara para enfrentar o desenvolvimento e a sociedade moderna.

O tema (Impacte Ambiental da Exploração de Pedreiras no Planalto Mirandês) foi escolhido por: abranger uma série de temáticas actualmente preocupantes no âmbito da geologia; fazer parte dos conteúdos programáticos de diversas disciplinas das Ciências da Terra e da Vida e contribuir para a formação contínua dos docentes, aperfeiçoando e melhorando os seus conhecimentos nestas áreas, bem como abrir-lhes perspectivas de abordagem das temáticas fora da sala de aula. Fazendo inicialmente com que eles e depois os seus alunos contactem directamente com os assuntos em abordagem.

Para PÉREZ *et al.* (1988), a principal importância dos trabalhos de campo tem a ver com a formulação de problemas, procura, selecção, ordenação, emissão de hipóteses, contraste de informação e elaboração de conceitos de forma activa e de acordo com o nível de formação de cada um (professores e alunos). O papel do professor deve ser de facilitar esta aprendizagem programando a informação, estimulando, orientando, coordenando e avaliando o trabalho do aluno. Desta forma, produz-se uma troca fundamental na sua função, e na de servir de moderador, sabendo dirigir a classe.

De uma forma directa e interventiva tenta-se proporcionar actividades que estimulem a curiosidade, a pesquisa, a procura de soluções, entre outros atributos.

NAVARRO & JURADO (1988), acham que nas aulas de campo deve promover-se uma maior valorização do trabalho realizado pelo aluno ao longo do desenvolvimento das actividades.

A geologia prática deve ensinar-se tentando aproveitar de modo permanente o meio natural e utilizando os recursos que os locais oferecem, tendo em vista, dentro do possível, proporcionar a sua correcta compreensão, identificação e interpretação. Quando engloba alunos, o programa deve conter, além da informação teórica, actividades práticas, a que estes devem responder ou realizar ao longo dos percursos previamente definidos (GARCIA & DELGADO, 1988).

Para a realização do trabalho de campo houve a necessidade de circunscrever a área de estudo, tendo sido escolhida a área da zona de Vimioso por ser um local onde se pode ilustrar o ciclo das rochas, possuir uma paisagem natural muito rica, de uma rara beleza e fazer-se a exploração de rochas em pedreiras.

Para NAVARRO (1988), a protecção da natureza, entendendo que a participação do Homem neste campo não deve limitar-se ao conservacionismo mas deve integrar-se no desenvolvimento do Universo, de modo que a acção antrópica colabore harmónica e integradamente com as forças naturais no processo evolutivo do progresso e suas circunstâncias. Os autores salientam que o progresso deve existir, mas dentro de uma ordem natural.

2- DESCRIÇÃO DO ESTUDO

Para facilidade de organização e descrição do estudo, este foi dividido em diversas fases:

1- Trabalho de campo com recolha de amostras e dados;

2- Tratamento em laboratório das amostras segundo dois métodos:

   a) Elaboração de lâminas delgadas;

   b) Análises químicas;

3- Descrição e tratamento dos dados recolhidos no campo e obtidos em laboratório;

4- Breve referência a outras pedreiras existentes no planalto e que foram visitadas;

5- Pesquisa sobre a utilização destas rochas na região;

6- Elaboração de um guia para professores com um itinerário de visita de estudo à zona com o título: "As Rochas, o seu Ciclo, a sua Extracção";

7- Estudo estatístico de um questionário aplicado aos professores no final da visita de estudo.

2.1-Recolha de Dados e Amostras

No terreno fez-se a localização das cinco pedreiras em estudo com a ajuda das Cartas Militares Portuguesas n.º 80 (Algoso – Vimioso) e n.º 66 (Vimioso), como é possível ver no esquema da figura n.º 19

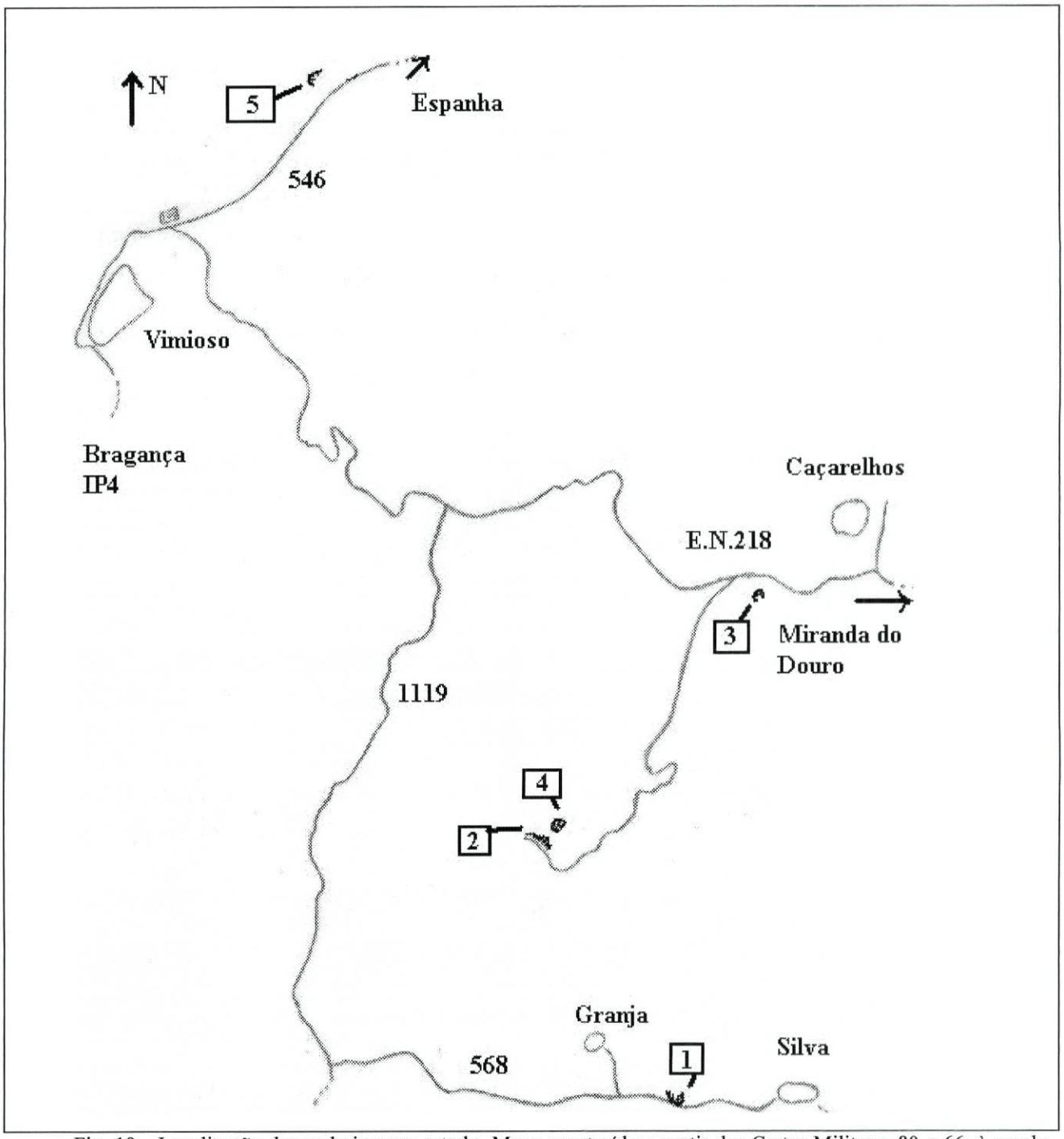


Fig. 19 - Localização das pedreiras em estudo. Mapa construído a partir das Cartas Militares 80 e 66, à escala 1:25 000, posteriormente reduzido para a escala 1: 62 500. ☐ – Local de colheita de amostras para os estudos.

Cada pedreira foi numerada e foi-lhe atribuído um nome. Em cada uma das pedreiras colheram-se amostras de rochas em quantidades suficientes para os estudos e exames a efectuar, sendo devidamente identificadas (etiquetadas) as amostras, isto para evitar trocas.

Observaram-se dados sobre os diferentes impactes que cada uma das pedreiras exerce sobre o meio ambiente.

Recolheram-se ainda elementos sobre as características macroscópicas de cada um dos maciços, bem como das paisagens envolventes.

Fez-se um pequeno levantamento do tipo de utilização das rochas na região.

2.2- TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras, das rochas, recolhidas em cada pedreira tiveram dois fins:

- Elaboração de lâminas delgadas;
- Análises Químicas.

2.2.1- PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA A ELABORAÇÃO DE LÂMINAS DELGADAS

Já no laboratório, foram analisadas todas as amostras provenientes de cada pedreira, tendo sido seleccionadas as que apresentavam melhores características para a elaboração das lâminas delgadas.

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE ELABORAÇÃO DAS LÂMINAS DELGADAS:

- Recolher a amostra no campo;
- Marcar o n.º da amostra;
- Cortar uma lasca paralelipipeda da amostra inicial (à qual se dá o nome de esquírula, pastilha ou taco) na máquina de corte;
- Plainar o taco na máquina de desgaste com disco;
- Nos tabuleiros de esmeril pôr a superfície tão lisa e polida quanto possível, utilizando esmeril 220, 3F e já à mão o 400;
- Secar o taco na estufa durante 24h a 60º C;
- Preparar a cola utilizando metade resina e a outra metade endurecedor;
- Colar o taco à lâmina de vidro fazendo movimentos de rotação, de modo a que as bolhas de ar desapareçam;
- Colocar 3 (ou 4) molas para segurar, de início, o taco à lâmina (o taco coloca-se na face polida da lâmina);
- Deixar secar na estufa durante 1 hora a 70º C;
- Cortar parte do taco na máquina de corte, de modo a que o desgaste final seja mais fácil;
- Iniciar a operação de desgaste com o esmeril de 220, passar para o 3F, isto na máquina de desgaste, posteriormente, à mão dar o toque final com esmeril 400 ou 600;
- Passar para o tabuleiro de esmeril 600, quando a lâmina delgada já estiver muito fina, e ao microscópio o quartzo apresentar tons cinzentos de primeira ordem;
- Para cobrir, lavar muito bem a preparação com o compressor;
- Colocar em cima da placa do fogão a 70º C;
- Colocar a lamela com cola de impregnação, fazendo movimentos de rotação para que as bolhas desapareçam (esta operação continua a ser feita na placa do fogão), de seguida colocar as

lâminas ao lado, com uma agulha própria, em cima de uma folha de papel, até terminar todas as lâminas;

- No final, iniciar a limpeza, com algodão e álcool, pela primeira lâmina que foi colocada na folha de papel, depois da cola ter alguma (não muita) dureza.

Após todo este procedimento a lâmina está pronta a ser examinada e estudada ao microscópio.

2.2.2- ANÁLISES QUÍMICAS

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES QUÍMICAS DA ROCHA TOTAL

A preparação das amostras para as análises geoquímicas passou por diversas moagens, inicialmente no moinho de maxilas, seguido do moinho de martelos que reduziu as amostras a uma granulometria máxima de 1mm, por fim no moinho de ágata as amostras foram reduzidas a um pó muito fino.

MÉTODO DE ANÁLISE QUÍMICA DA ROCHA TOTAL: FLUORESCÊNCIA DE RAIO – X

Foram seleccionadas seis amostras (uma de cada pedreira em estudo) para análises químicas de Elementos Maiores, pelo método instrumental de Fluorescência de Raio – X, no laboratório do IGM (Instituto Geológico Mineiro) S. Mamede Infesta – Porto. Os resultados encontram-se no Quadro III (Geoquímica).

A Fluorescência de Raio-X (FRX) é a técnica analítica mais utilizada na determinação química de elementos maiores e traço nas amostras de rochas (ROLLINSON, 1995). O autor refere que esta técnica é baseada na excitação das amostras por Raio-X. Um Raio-X primário excita os Raio-X secundários, os quais possuem as características dos elementos presentes na amostra. A intensidade dos Raio-X secundários é usada para determinar a concentração dos elementos presentes por referência e calibração, com correcções apropriadas, que se fazem por erros instrumentais e pelos efeitos da composição da amostra na emissão da intensidade do Raio-X. Alternadamente, os Raio-X podem ser detectados sem serem separados em diferentes frequências, usando um detector com medidas de energia, bem como a intensidade dos Raio-X. Este método conhece as energias dispersivas dos Raio-X. As análises típicas de FRX nas amostras de rochas envolvem, a preparação da rocha para duas diferentes formas:

- para análise de elementos traço;

- para análise de elementos maiores, fundindo o pó da amostra com lítio metaborato ou tetraborato numa lâmina de vidro (NORRISH & HUTTON, 1969; CLAISSE, 1989). Os elementos maiores são determinados usando um tubo de Raio-X.

MÉTODO DE ANÁLISE QUÍMICA DOS MINERAIS: MICROSSONDA ELECTRÓNICA

A microssonda electrónica permite realizar análises químicas elementares pontuais não destrutivas, por métodos físicos.

Para se poder fazer análises na microssonda é essencial existir:

i. Uma fonte de electrões;
ii. Vácuo;
iii. Amostra (Lâmina delgada polida)

A microssonda permite focar um feixe de electrões muito fino sobre uma amostra, sob o efeito de bombardeamento electrónico. A amostra emite Raios-X no ponto de impacte do feixe, cujos comprimentos de onda (energias) são característicos dos elementos presentes no ponto de impacto.

Os nossos estudos foram realizados em três lâminas delgadas polidas FV1, FV2 e FV3, na microssonda CAMÉCA CAMEBAX do laboratório do Instituto Geológico Mineiro (IGM) de S. Mamede Infesta (Porto).

Antes de introduzir as lâminas polidas na microssonda CAMÉCA CAMEBAX, foi feita a metalização das mesmas com fio de grafite, e as análises dos minerais foram obtidas a uma corrente de emissão de 20 000 A, um potencial de aceleração de 15 Kv.

Foram analisados essencialmente micas (moscovite e biotite) e feldspatos (potássicos e plagioclases).

2.3- DESCRIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

2.3.1- PEDREIRA DE SÃO PEDRO DA SILVA (mármores)

2.3.1.1- Descrição

Esta pedreira localiza-se a meio caminho entre a povoação da Granja e a de São Pedro da Silva, mesmo à face da estrada n.º 568, do lado esquerdo.

Constitui uma pedreira a céu aberto abandonada, de mármores ornamentais, explorada, pensa-se, desde o tempo dos romanos até há alguns anos atrás.

Estes mármores de cores acinzentadas (bandadas) (Foto n.º 1) tiveram grande aplicabilidade e saída no mercado. No entanto a sua exploração foi abandonada, devido ao maciço se encontrar bastante fracturado.

Em algumas zonas nota-se acumulação de pequenos depósitos de "terra rossa".



Foto n.º 1- Pormenor do interior da depressão da antiga exploração, onde são visíveis alguns vestígios de "terra-rossa" e o aspecto do mármore listrado.

2.3.1.2- Aspectos Ambientais

Tratando-se de uma exploração a céu aberto, é bem visível o seu abandono não controlado. Mesmo à face da estrada observa-se uma depressão (Foto n.º 2), que representa inúmeros perigos para crianças, adultos, animais, podendo também tornar-se num depósito de lixos, ou num local de

acumulação de águas insalubres, com os perigos que daí podem advir. Em termos ambientais qualquer destas situações é extremamente negativa.

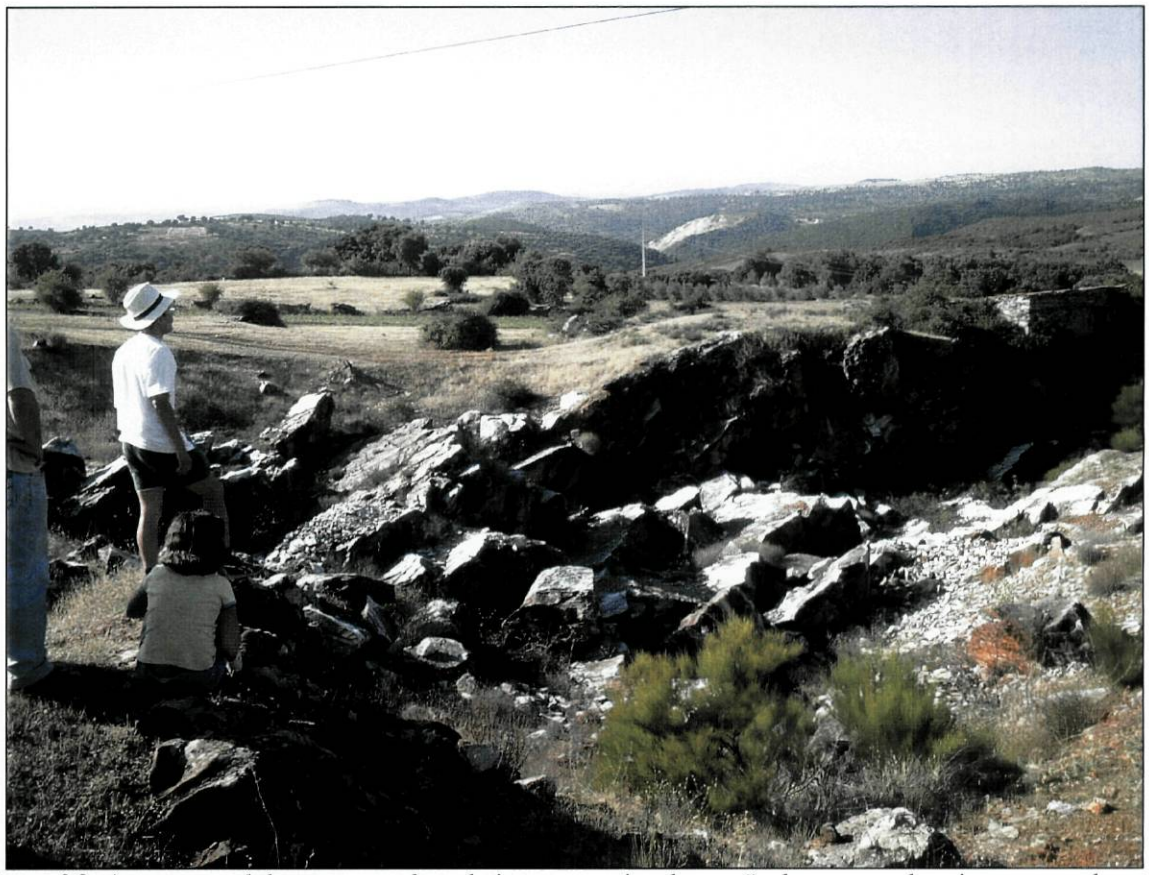


Foto n.º 2- Aspecto geral de uma parte da pedreira e respectiva depressão, bem como da paisagem envolvente.

Dado que a exploração já foi abandonada há muitos anos, poderia (deveria) fazer-se a sua recuperação, transformando o local numa zona de lazer e atracção turística. Em alternativa podia cobrir-se a depressão total ou parcialmente com solo onde se pudesse praticar a agricultura local.

A circunscrever a área da antiga pedreira, observam-se campos agrícolas com diversas culturas (oliveiras, vinhas, campos de cereais, campos de hortícolas, campos de pastoreio, pequenos matos), pelo que se supõe que inicialmente também este local teria alguma destas utilidades, tendo havido numa fase inicial (antes da extracção) remoção do solo que cobria o maciço.

São visíveis blocos de dimensões consideráveis espalhados pelos terrenos circundantes e sem qualquer utilidade aparente (Foto n.º 3).



Foto n.º 3- Um dos blocos de mármore listrado, com dimensões consideráveis e abandonado.

À vista desarmada não foram detectadas escombreiras, o que é muito positivo, dado as escombreiras (abandonadas ou não) constituírem um grave problema ambiental.

Em termos visuais, o aspecto do local é bastante agressivo, destoando bastante da restante magnífica paisagem natural, tornando-se mais notório por se localizar mesmo à beira da estrada.

2.3.1.3- Petrografia

Descrição macroscópica

Observa-se um maciço de mármores muito fracturado, tendo na sua constituição calcite ($CaCO_3$), isto porque quando se adiciona ácido clorídrico faz efervescência. À vista desarmada os minerais são indistinguíveis. Os mármores apresentam uma cor cinzenta disposta em bandas.

A reacção da dissolução do carbonato de cálcio com o ácido clorídrico traduz-se pela fórmula seguinte:

$$CaCO_3 + 2HCl \Longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^- + CO_2 + H_2O$$

Descrição microscópica

Observa-se uma textura Granoblástica, com grãos subidiomórficos, ou seja, possuem todos sensivelmente o mesmo tamanho, embora com algumas, pequenas, diferenças.

Entre os minerais distinguem-se contornos bem nítidos, e os grãos possuem junções triplas, em que o ângulo que fazem entre si é de 120º.

Para o estudo destes mármores foram elaboradas três lâminas delgadas.

Mineralógicamente além da calcite ($CaCO_3$) com as suas clivagens bem nítidas e características (Foto n.º 4), em termos ópticos é difícil distinguir outros carbonatos (como por exemplo dolomite ($Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2$), magnesite ($MgCO_3$), siderite ($FeCO_3$), ou ainda, embora pouco provável, a aragonite ($CaCO_3$).

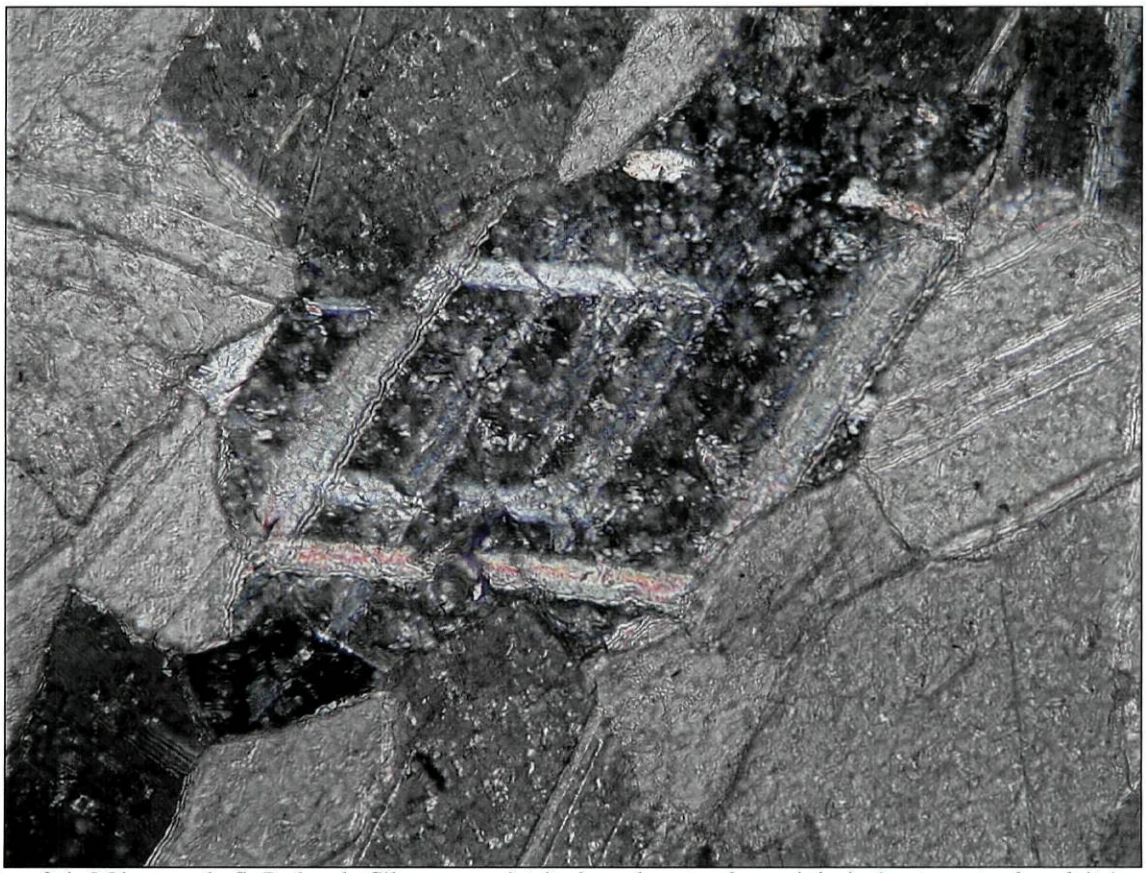


Foto n.º 4- Mármore de S. Pedro da Silva com cristais de carbonatos bem visíveis (certamente de calcite), com clivagens bem nítidas. Fotografia com ampliação 20*10 em nicóis cruzados.

2.3.2- PEDREIRA DAS MINAS DE SANTO ADRIÃO (Calcários e Mármores)

2.3.2.1- Descrição

Localiza-se a cerca de 4 a 5 Km da estrada nacional n.º 218, em que o acesso é feito por um caminho rural.

Constitui uma pedreira em laboração, de calcário cristalino muito fracturado, intercalado com xistos. Extrai-se brita para fins industriais, nomeadamente utilizada na construção e manutenção de estradas. Nesta pedreira existem duas zonas de exploração, em dois cabeços, pertencentes ao mesmo monte.

É uma exploração a céu aberto, pertencente à empresa Teodoro Alho e emprega algumas pessoas que trabalham directamente na pedreira, trazendo outros benefícios para a zona como os postos de trabalho indirectos e o desenvolvimento de outras actividades paralelas.

2.3.2.2- Aspectos Ambientais

Nesta exploração é de notar a excessiva extracção, nomeadamente nos últimos dois anos, o que levou à destruição dos cabeços com consequente alteração da topografia do monte (Foto n.º 5).



Foto n.º 5- Zona de extracção dos calcários num dos cabeços.

Neste local de uma beleza natural incrível, existem diversas grutas calcárias. Duas delas estão acessíveis, podendo qualquer pessoa visitá-las, o que levou à sua vandalização, quer pela acção de curiosos malfeitores, quer pela própria laboração das máquinas da pedreira, nomeadamente com martelos pneumáticos, sendo bem visíveis as suas marcas no interior das grutas. Pode dizer-se que foram destruídos milhões de anos de história geológica e um património natural insubstituível.

Há uns anos atrás durante a extracção dos calcários foi descoberta uma nova gruta. Na altura, para evitar destruições e vandalizações, esta foi fechada com camiões de entulho, para evitar acessos. Actualmente desconhece-se se ainda existe.

É de salientar o facto desta pedreira ter fornecido, se não toda, pelo menos a grande maioria da brita para a construção do troço do IP4 que liga Bragança a Quintanilha, juntamente com alguma da brita extraída da pedreira de granitos próxima deste local.

Com a delapidação dos cabeços, destruíram-se alguns ecossistemas, houve desaparecimento quer da fauna quer da flora existente no cabeço, em alguns casos com perda total das espécies, noutros com migração para outras zonas.

Como os cabeços foram destruídos o solo também sofreu alterações. Com perda, decapagem e remoção do mesmo. Devido à abertura e alargamento da zona de exploração, algum, também foi ocupado pelas infra-estruturas necessárias a todo o processo de laboração da pedreira. Bem como para armazenamento dos materiais produzidos. A constante passagem de veículos pesados para transporte da brita produzida, também afectou o solo.

Todo este processo tem consequências graves, pois na época de maior pluviosidade os desabamentos podem ocorrer e a desertificação já é uma realidade. Neste caso tem que se ter em conta o controlo da erosão. São bem notórias diversas fissuras no solo provocadas pela pluviosidade, isto junto às encostas dos cabeços, que estão em eminente perigo de desabar pois não possuem qualquer tipo de protecção. Ao longo das suas ravinas também são bem notórios os regos deixados no solo nu pela passagem das torrentes de água.

A contaminação do solo por descargas directas ou não, de produtos provenientes da maquinaria é uma realidade. Além de diversa maquinaria pesada a pedreira possui mesmo uma bomba abastecedora de combustível.

A qualidade do ar é muito afectada pelas poeiras contendo partículas sólidas, emitidas pela escavação propriamente dita, onde são utilizadas máquinas de grande porte, recorrendo, por vezes, ao tiro para facilitar a extracção, quer pelos processos de transformação dos grandes blocos em brita de diversos calibres. Aliás houve tempo em que se produzia cal de calibre muito fino, o que pressupunha diversas moagens com redução progressiva de calibre, e claro está emanação de imensas poeiras para o ar. Também todo o movimento e circulação quer da maquinaria da pedreira quer dos camiões que andam sempre num vai e vem são causadores do levantamento de poeiras, agravando a situação, sendo o caminho por onde circulam os camiões de transporte (que é de cerca de 4,5 Km) de terra batida. Deve ainda referir-se que, apesar de pouco significativo, toda a maquinaria usada, na pedreira e nos transportes, também emite gases tóxicos para o ambiente.

As poeiras vão afectar em primeiro lugar os trabalhadores locais, sendo de realçar o facto de não usarem qualquer tipo de protecção, afectando a sua saúde. As populações pouco ou nada são afectadas por estas, dado se encontrarem a distâncias muito grandes do local. Já a vegetação é afectada pela acumulação de poeiras, provocando a diminuição da sua taxa fotossintética.

Devido à acção eólica as poeiras são arrastadas para as linhas de água superficiais que se encontram próximas do local, afectando indirectamente o desenvolvimento dos seres vivos dos ecossistemas aquáticos. Também a acção das chuvas devido à escorrência e infiltração vai contaminar quer as águas superficiais, quer as subterrâneas, não só com as partículas sólidas provenientes da exploração bem como com óleos e outras substâncias tóxicas utilizadas pelas máquinas.

Relativamente ao ruído existem duas formas de causar impacte ambiental:

i. O ruído industrial, que diz respeito ao ruído produzido dentro da exploração estando directamente relacionado com a saúde ocupacional dos trabalhadores;
ii. O ruído ambiental, referente ao ruído que é emitido para fora da área da exploração, que nesta pedreira não nos parece que tenha grandes efeitos pois não existem povoações a habitar nas proximidades.

Os níveis de ruído industrial nesta pedreira são muito grandes e têm diversas origens: as explosões, escavações com maquinaria variada, transformação nas máquinas de britagem (Foto n.º 6), transportes numerosos, cargas e descargas diversas, etc., afectando principalmente a saúde dos trabalhadores, que não usam qualquer protecção.

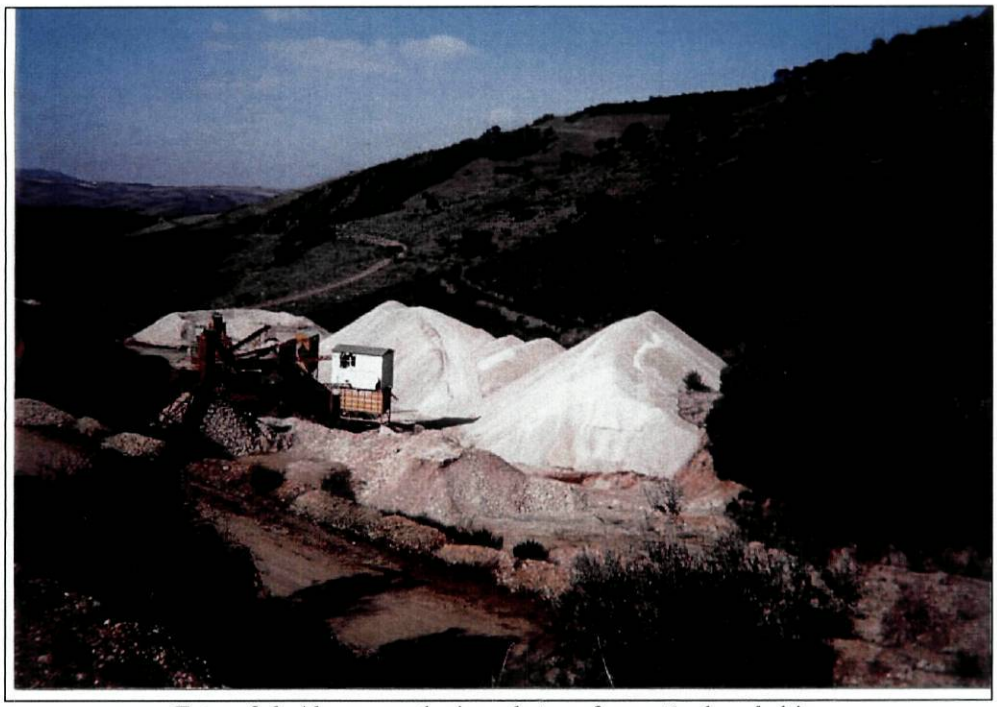


Foto n.º 6- Algumas máquinas de transformação do calcário.

É de salientar a grande falta de níveis de segurança, fazendo-se um pequeno aparte relativo à segurança, na zona de britagem (nas máquinas de transformação do calcário em brita), por vezes os trabalhadores sem qualquer protecção, quando um bloco encrava, vão desencravá-lo com as máquinas em movimento.

Os ecossistemas locais, nomeadamente a nível de fauna , também são afectados, afastando-se dos seus habitats naturais por medo ou por não aguentarem tanto ruído, isto pelo menos nas horas de laboração da pedreira, acontecendo principalmente com as comunidades de aves locais, lobos, raposas, javalis e outros animais.

Para a comunidade humana o ruído ambiental não tem grande relevância dada a localização muito afastada das povoações. A degradação de imóveis provocados pelas explosões ou pelo movimento de camiões de transporte também não parece ter relevância, apesar de existir uma quinta próximo da pedreira, encontra-se já degradada por si, uma vez que está abandonada e com falta de manutenção que nada tem a ver com a pedreira. Existe um pouco mais afastado um santuário mas não aparenta sinais de degradação provocados pela exploração em estudo.

A nível visual o impacte é enorme localmente, sendo pouco visível a longas distâncias, por se encontrar muito afastado de zonas movimentadas, mas na pedreira o espectáculo visual é muito agressivo e constrangedor.

Observou-se a existência de pequenas escombreiras (Foto n.º 7), cujos materiais lá existentes não possuem características para a sua transformação em brita, mas que constituem um risco de contaminação nomeadamente dos solos e das linhas de água.



Foto n.º 7- Alguns desperdícios de calcário acumulados no espaço de um dos cabeços, aspecto geral da paisagem envolvente.

Também foram detectados enormes depósitos de brita, em grandes montes, num local por onde passou uma grande enxurrada que escavou o leito de um pequeno riacho, levando consigo enormes quantidades de materiais (Foto n.º 8), desaguando em linhas de água maiores. É de salientar que a pedreira está rodeada por diversas linhas de água, nomeadamente o ribeiro das Escovas e o ribeiro da Quinta, que se encaminham para um ribeiro maior, o de S. Pedro. Este facto em termos ambientais é muito grave dado que foi provocar enormes desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos.

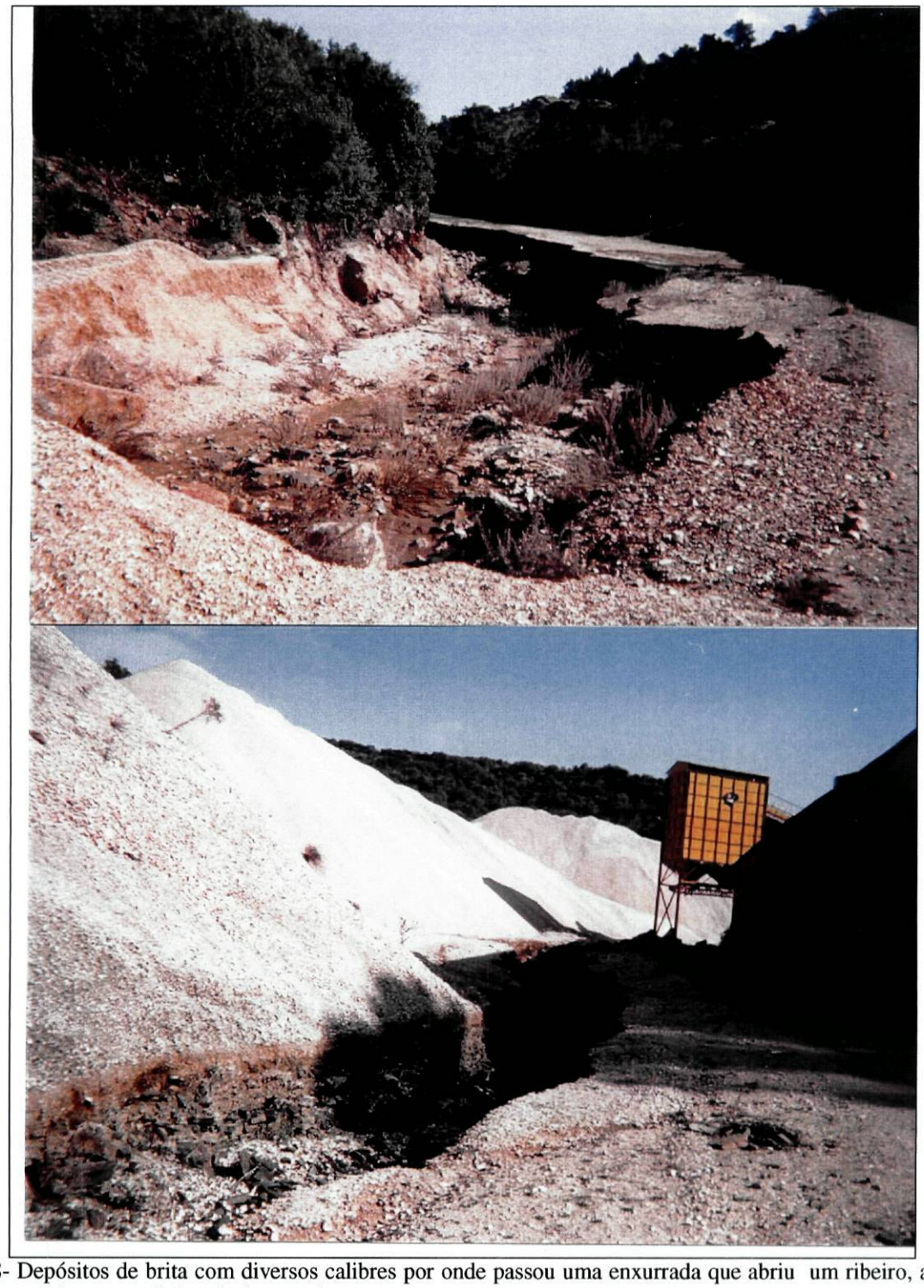


Foto n.º 8- Depósitos de brita com diversos calibres por onde passou uma enxurrada que abriu um ribeiro, arrastando imensos materiais para as linhas de água maiores.

Numa das últimas visitas feitas ao local teve-se a sensação que a exploração estava temporariamente sem laborar, talvez por ser inverno e as condições de trabalho não serem adequadas devido ao rigor climatérico da região. No entanto não existia qualquer tipo de tabuleta ou outra coisa a indicar o que quer que fosse (como por exemplo: Zona Perigosa, Proibido Entrar).

Além de ser um local perigoso, para quem tenha que por ali andar, como pastores, agricultores ou outras pessoas em passeios de laser, dado possuir escarpas muito íngremes e acentuadas, as encostas do que resta de cada um dos cabeços, como já foi referido anteriormente, estão completamente "nuas" (Foto n.º 9), e deveriam ser florestadas com árvores típicas da paisagem em questão, onde predomina o carrasco, ou outra qualquer espécie de vegetação que evite o desabamento desses flancos das encostas.

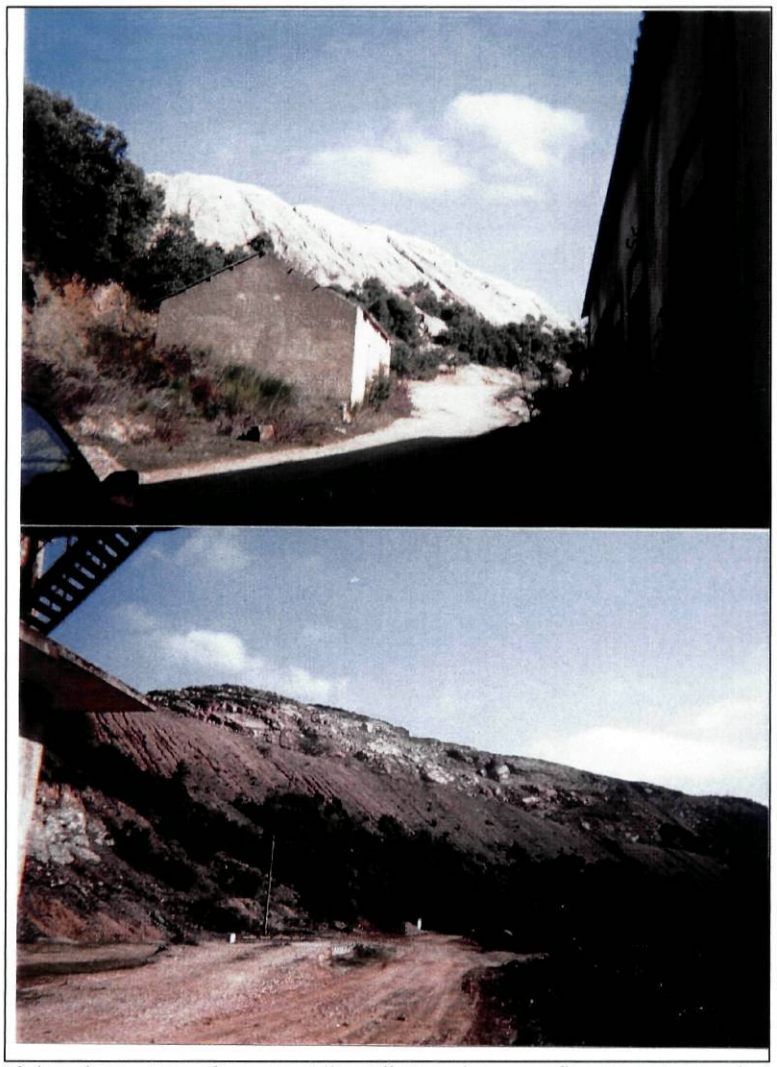


Foto n.º 9- Escarpas dos dois cabeços completamente "nuas", com imensas fissuras provocadas pelas chuvas, havendo o risco de desabamento das encostas.

Como nota terminal, uma zona que podia ter tido um aproveitamento turístico com enorme sucesso, dado em tempos possuir belezas naturais indescritíveis e insubstituíveis, está transformado num local pavoroso e, se não forem tomarem medidas adequadas, muito perigoso.

2.3.2.3- Petrografia

Descrição macroscópica

Nesta pedreira predomina o calcário, com um aspecto compacto e de cor amarelada, constituído essencialmente por Calcite, fazendo a típica reacção de efervescência quando se adiciona ácido clorídrico e que já foi representada esquematicamente na descrição da pedreira de S. Pedro da Silva.

Além do calcário típico, também nesta pedreira pode ser encontrado mármore cristalino com uma tonalidade totalmente branca, estes devem ter tido origem a partir da metamorfização do calcário pela acção do maciço granítico de Caçarelhos, que se encontra a escassos metros do local em estudo.

Descrição microscópica

O mármore possui características microscópicas idênticas às do de S. Pedro da Silva (Foto n.º 10), talvez com grãos de dimensões ligeiramente maiores, mas muito pouco. Destas amostras fizeram-se duas lâminas delgadas.

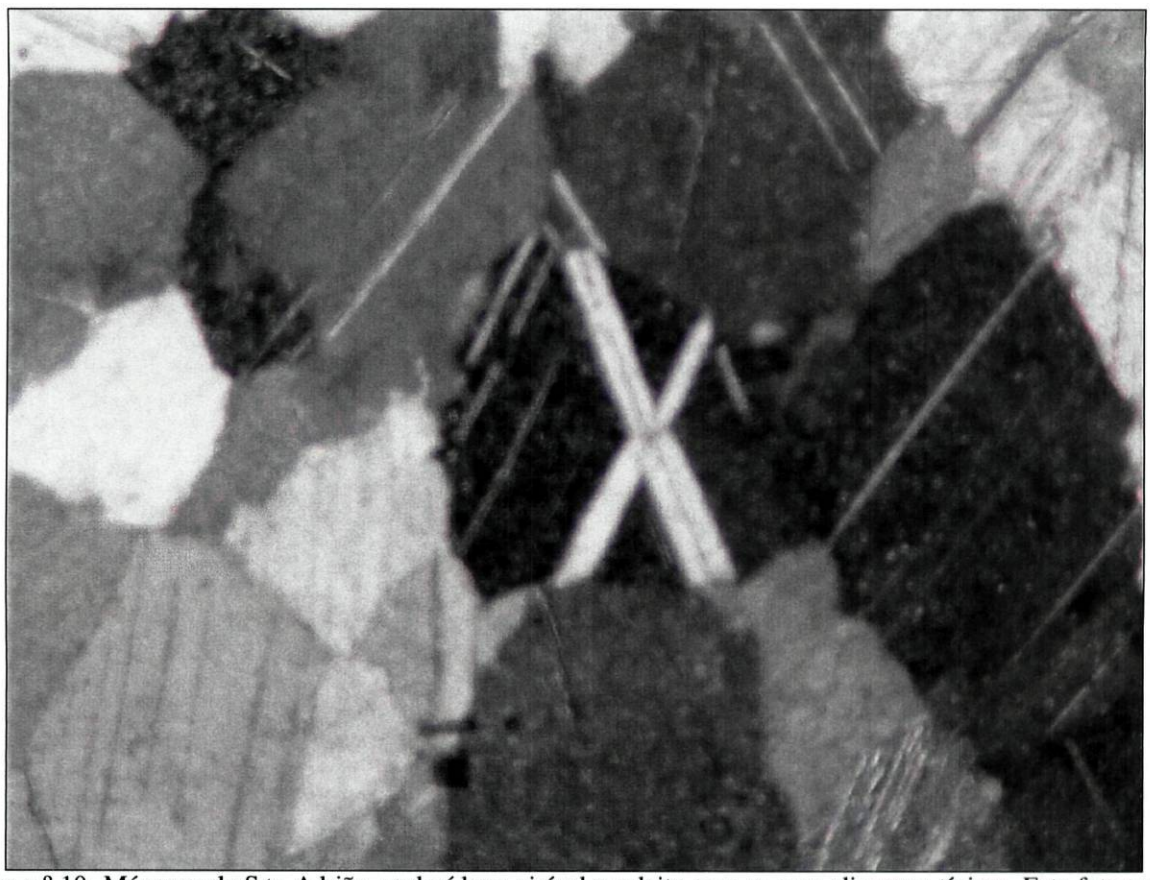


Foto n.º 10- Mármore de S.to Adrião, onde é bem visível a calcite com as suas clivagens típicas. Esta fotografia foi tirada numa focagem 5* 10 em nicóis cruzados.

Para o estudo do calcário fizeram-se três lâminas delgadas, da sua observação são visíveis duas zonas bem nítidas, cujas texturas se distinguem perfeitamente, caracterizando-se (Foto n.º 11):

- uma textura granoblástica poligonal de grão fino (com Calcite de grão fino)-matriz, no seio da qual se insere outra;
- uma textura porfiroblástica, com Calcite de grãos grosseiros, em que as clivagens típicas da calcite são bem nítidas. Esta zona é bastante mais rara.

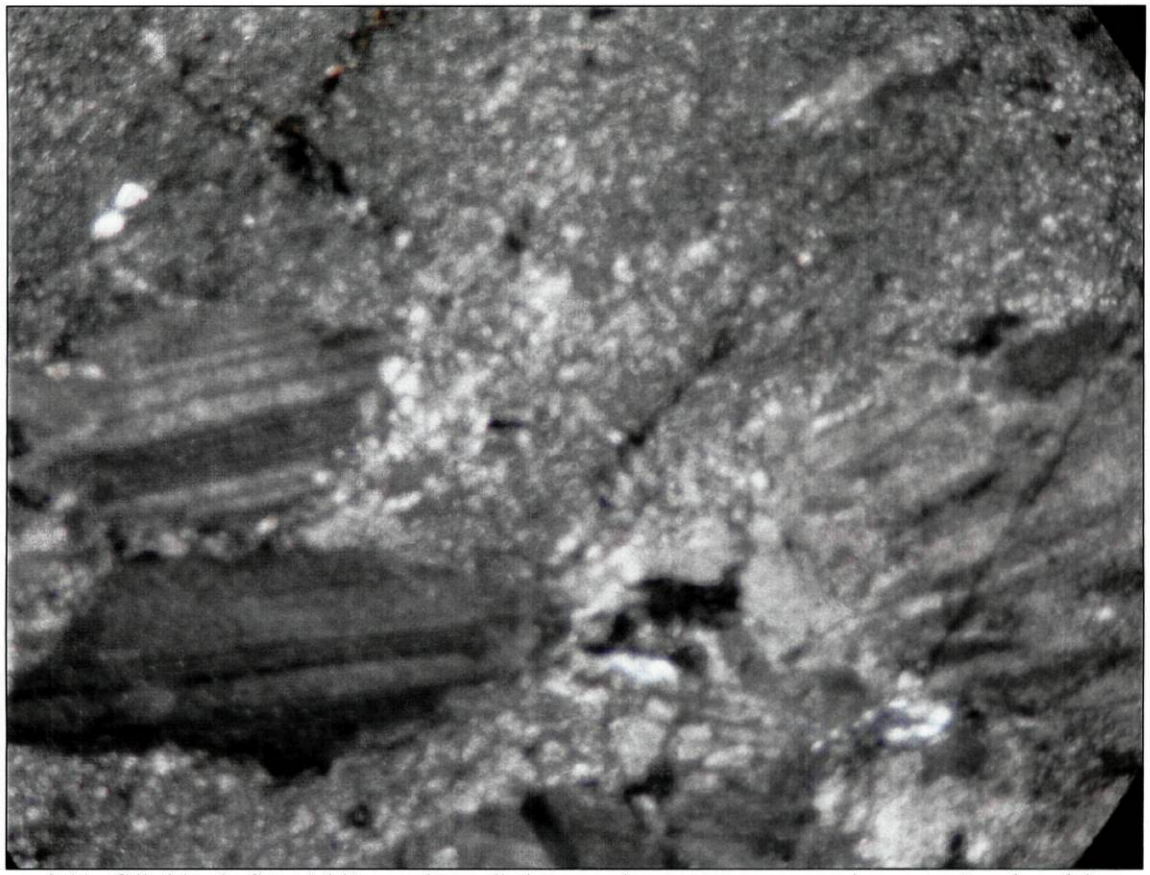


Foto n.º 11- Cálcário de S.to Adrião, onde se distinguem duas zonas uma matriz com grãos de calcite muito pequenos e outra onde os grãos de calcite se distinguem perfeitamente, também se observam veios de óxidos de ferro e pequenas fracturas preenchidas por outros minerais. Esta fotografia foi obtida em nicóis cruzados a uma ampliação de 20*10.

Em algumas zonas das lâminas aparecem pequenos veios castanhos (óxidos de ferro), resultantes de fenómenos de oxidação e que muito provavelmente originará "terra rossa".

Observam-se, ainda, pequenas fracturas preenchidas por minerais de quartzo com formas muito irregulares.

2.3.3- PEDREIRA DE CAÇARELHOS (Granito)

2.3.3.1- Descrição

Localiza-se a cerca de 330 m da estrada nacional n.º 218, do lado direito, quem se dirige de Vimioso para Caçarelhos.

É uma pedreira que se encontra em plena laboração, explorada pela empresa CISDOURO. Apesar da sua pequena dimensão extrai-se granito com diversos fins: grandes blocos para exportação (Foto n.º 12), blocos menores, que são transformados no local em esteios, paralelos e cubos de várias dimensões, e outros.

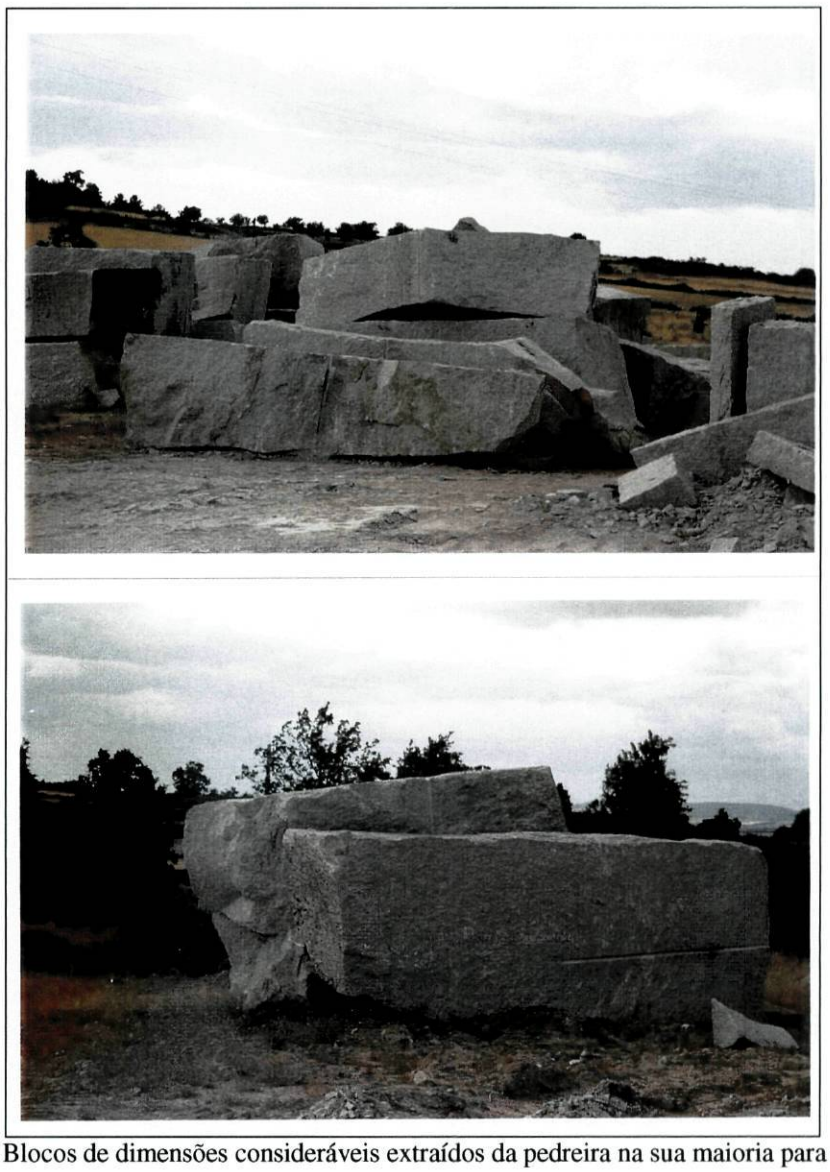


Foto n.º 12- Blocos de dimensões consideráveis extraídos da pedreira na sua maioria para exportação.

Esta pedreira emprega cerca de dez (10) trabalhadores no local, embora indirectamente envolva outros postos de trabalho, como por exemplo os trabalhadores dos escritórios, os

trabalhadores das empresas que prestam serviços de transporte para locais mais ou menos afastados da região e onde os materiais que saem da pedreira vão ser utilizados. É óbvio e lógico, que toda esta movimentação traga benefícios mais ou menos directos para outras actividades económicas, desenvolvendo um pouco esta região que, bem necessita, quer pela sua interioridade, quer pela falta de postos de trabalho que fixem as populações, nomeadamente os jovens.

2.3.3.2- Aspectos Ambientais

É de notar e salientar a quase inexistência de desperdícios, isto porque toda a rocha extraída do maciço é utilizada, não originando grandes depósitos de lixos (escombreiras), aspecto que é extremamente positivo e de enaltecer, embora ultimamente comecem a aparecer dentro do complexo pequenos depósitos de materiais sem utilidade prática, mas que podem ser a maior escala um perigo ambiental. Os blocos sem utilidade para transformação, devido ao seu elevado estado de alteração química (principalmente), são usados para delimitar (murar) a própria pedreira (Foto n.º 13).



Foto n.º 13- Em cima: diversos aspectos da rocha transformada. Em baixo: ladeamento da pedreira com rochas sem possibilidade de transformação.

A técnica mais usada para extrair a rocha do maciço é por explosão, sendo também usadas máquinas pesadas para fazer o desmonte e transporte dos blocos, verificando-se a produção de ruídos e a emissão de poeiras.

Na transformação são usadas máquinas próprias de menor porte, mas que também emitem muito ruído e produzem imensas poeiras (Foto n.º 14).



Foto n.º 14- Zona de transformação da rocha em diversos materiais, é de notar as poeiras existentes e a falta de condições de segurança e higiene dos trabalhadores.

Estes dois últimos aspectos acabados de focar (método de extracção e transformação da rocha) vão afectar não só a qualidade do ar pela emissão de poeiras e ruídos, mas também pela emissão de poluentes gasosos provenientes dos escapes e motores dos diversos veículos presentes na exploração. Embora esta última referência seja pouco significativa para a degradação da qualidade do ar, tem a sua relevância a uma escala menor.

Quanto ao ruído, o industrial (dentro da exploração) parece-nos o mais preocupante e, como já referimos, nesta unidade é bem patente, provocando quase de certeza danos na saúde dos trabalhadores, uma vez que estes não usam qualquer tipo de equipamento de protecção.

O ruído ambiental (fora da exploração) não parece que, nesta exploração, provoque danos de maior, dado que a povoação mais próxima, Caçarelhos, está bastante afastada para poder ser afectada, não existindo habitações próximas do local. Quanto à estrada nacional mais próxima a 218, também não sofre consequências uma vez que a exploração está bem resguardada e afastada o suficiente para não provocar distúrbios.

No que diz respeito à emissão de poeiras o caso já é um pouco mais grave. Por um lado, dado os trabalhadores não usarem protecções (aliás do que foi observado os trabalhadores não usam qualquer tipo de protecção em nenhuma operação efectuada na exploração), as partículas sólidas das poeiras, provenientes de diversas fontes (da extracção/escavação propriamente dita, da transformação, das vias de acesso, etc.), vão provocar danos na saúde dos trabalhadores, bem como das aldeias limítrofes, nestas devido ao seu levantamento por acção do vento, pela circulação de veículos e equipamentos pesados, entre outras causas.

Também a vegetação vai ser afectada, dado que a acumulação de poeiras provoca a redução da actividade fotossintética.

As linhas de água superficiais e subterrâneas são de igual modo afectadas e contaminadas pelas partículas sólidas, durante os períodos de maior precipitação, devido à escorrência e infiltração, tanto de efluentes carregados de partículas sólidas em suspensão, como de óleos e outras substâncias utilizadas pelas viaturas e equipamentos.

Outro aspecto ambiental a analisar nesta exploração diz respeito aos solos, que podem ser contaminados por substâncias tóxicas por descarga directa de efluentes líquidos (embora nesta exploração este aspecto não seja muito visível). A decapagem e remoção de solo na abertura da área das cortas (Foto n.º 15) não é um aspecto relevante nesta exploração, dado que o maciço rochoso se encontra a descoberto No entanto em algumas zonas verifica-se a ocupação de solo com as infra-estruturas e o armazenamento de produtos provenientes da extracção ou já da transformação, a abertura dos acessos, bem como a passagem de veículos pesados e outros equipamentos que também contribuem para a destruição de uma pequena parcela de solo, que contudo parece pouco relevante no caso concreto desta exploração. Embora a perda de solo seja pouco significativa, este facto afecta um pouco o desenvolvimento da vegetação típica e empobrece a aptidão agrícola da zona, e com as intempéries pode levar a desabamentos e desertificação. É ainda de salientar que a circunscrever a zona se encontra vegetação em desenvolvimento, nomeadamente herbáceas, arbustos e algumas árvores típicas de zonas graníticas.



Foto n.º 15- Aspectos das cortas da pedreira e paisagem envolvente.

Também a fauna, nomeadamente algumas aves típicas, raposas, lobos, javalis, podem ser afugentados da zona devido ao ruído provocado na exploração.

Em termos visuais o impacte é pouco relevante, uma vez que da estrada a pedreira praticamente não é visível, embora destoe um pouco da restante paisagem envolvente. Quando se viaja na estrada 218 no sentido de Vimioso para Caçarelhos a alguma distância da pedreira, cerca de um Km da exploração, esta é bem visível (Foto n.º 16).



Foto n.º 16- Vista geral da pedreira de Caçarelhos, visível da estrada que liga Vimioso a Miranda do Douro, bem como da paisagem envolvente, ao fundo é visível a aldeia de Caçarelhos.

2.3.3.3- Petrografia

Descrição macroscópica

O granito da pedreira de Caçarelhos é caracterizado pela sua cor cinzenta, contendo na sua constituição quartzo, feldspato potássico (possivelmente ortóclase), biotite e moscovite, sendo assim considerado um granito de duas micas.

Podemos dizer que é um granito com estrutura holocristalina, fanerítica, equigranular de grão médio.

Descrição microscópica

O granito de Caçarelhos, apesar de macroscopicamente ser considerado de duas micas, ao microscópio verifica-se que a biotite está totalmente cloritizada.

A textura deste granito é hipidiomórfica granular, de grão médio a fino, sendo constituído por quartzo, feldspato potássico, plagioclase e moscovite, como minerais principais. A clorite aparece como um mineral secundário, o epídoto, o rútilo e o zircão consideram-se acessórios, não esquecendo que ainda existe moscovite secundária

Efectuaram-se quatro lâminas delgadas para proceder ao seu estudo óptico.

Minerais identificados e suas caractgerísticas:

a) Minerais essencias:

O Quartzo, geralmente os seus grão são xenomórficos (anédricos), com extinção ondulante. Por vezes os contactos quartzo-quartzo apresentam-se indentados, o tamanho dos seus grãos é mais ou menos idêntico embora possam ocorrer cristais de dimensões maiores e formas subeuédricas (hipidiomórficas) (Foto nº 17).

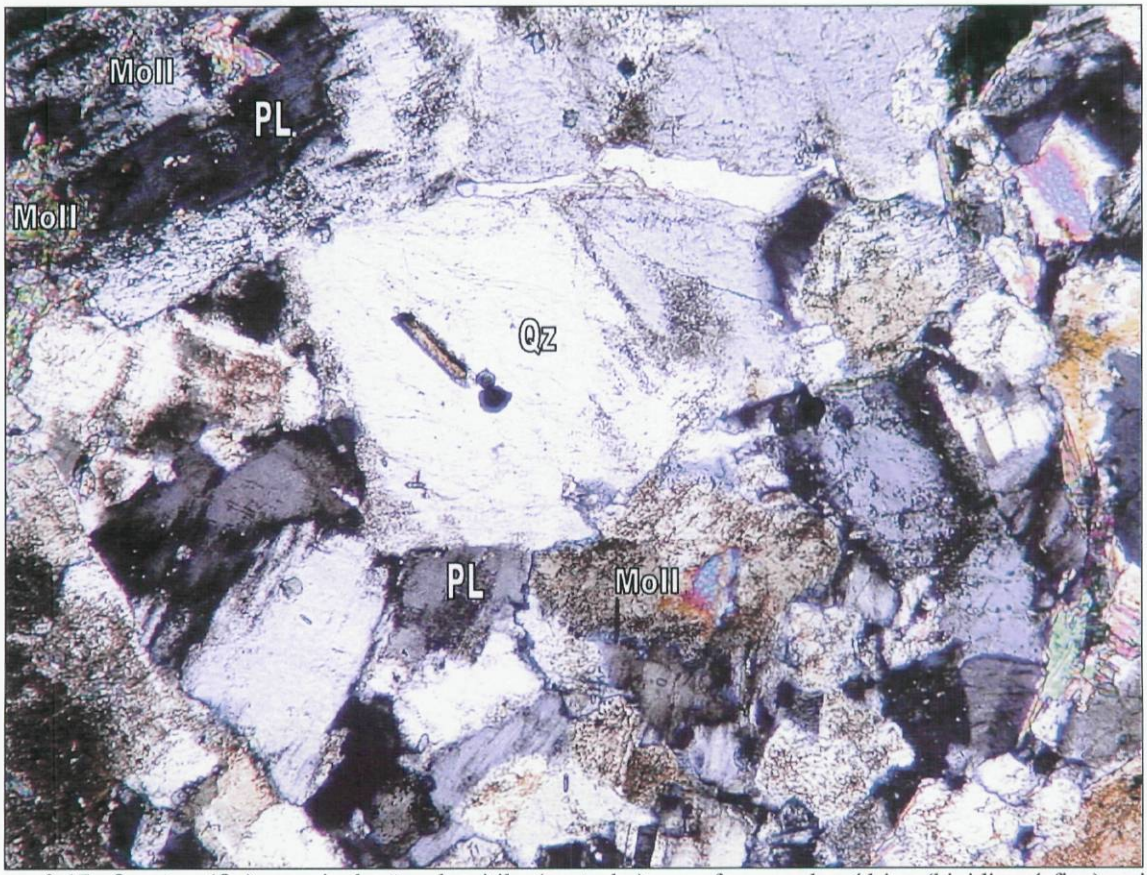


Foto n.º 17- Quartzo (Qz) com inclusões de rútilo (castanho) com forma subeuédrica (hipidiomórfica), cristal bem desenvolvido. Plagioclase (PL) com forma xenomórfica, moscovite II (MoII) no seu interior. Ampliação 5*10.

O quartzo ocorre associado ao feldspato potássico e à plagioclase, formando por vezes mirmequites, pode ainda ocorrer associado à moscovite I e II e à clorite (Foto nº 18).

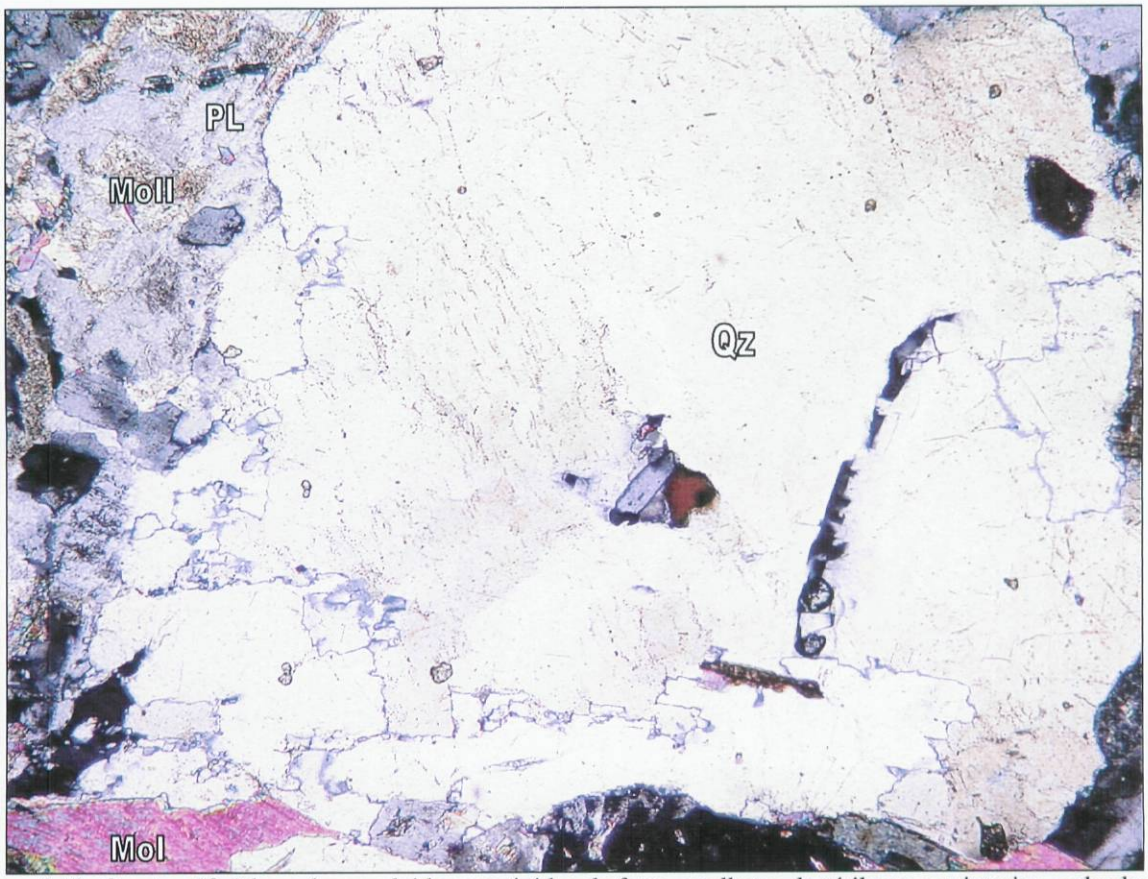


Foto n.º 18- Quartzo (Qz) bem desenvolvido com óxidos de ferro e palhetas de rútilo no seu interior, rodeado por plagioclase (PL), moscovite I (MoI) e II (MoII). Ampliação 5*10.

Em alguns grãos, raramente, podem observar-se inclusões de rútilo em palhetas e óxidos de ferro, contém em alguns grãos inclusões de moscovite II e clorite, por vezes aparece como inclusão das plagioclases.

O Feldspato Potássico, ocorre em geral com uma forma hipidiomórfica (subeuédrica).

Apresenta grãos com macla de Carlsbsd, alguns grãos com pertites bem nítidas (foto nº 19), cuja ausência de macla em xadrês leva a pensar tratar-se de ortóclase.

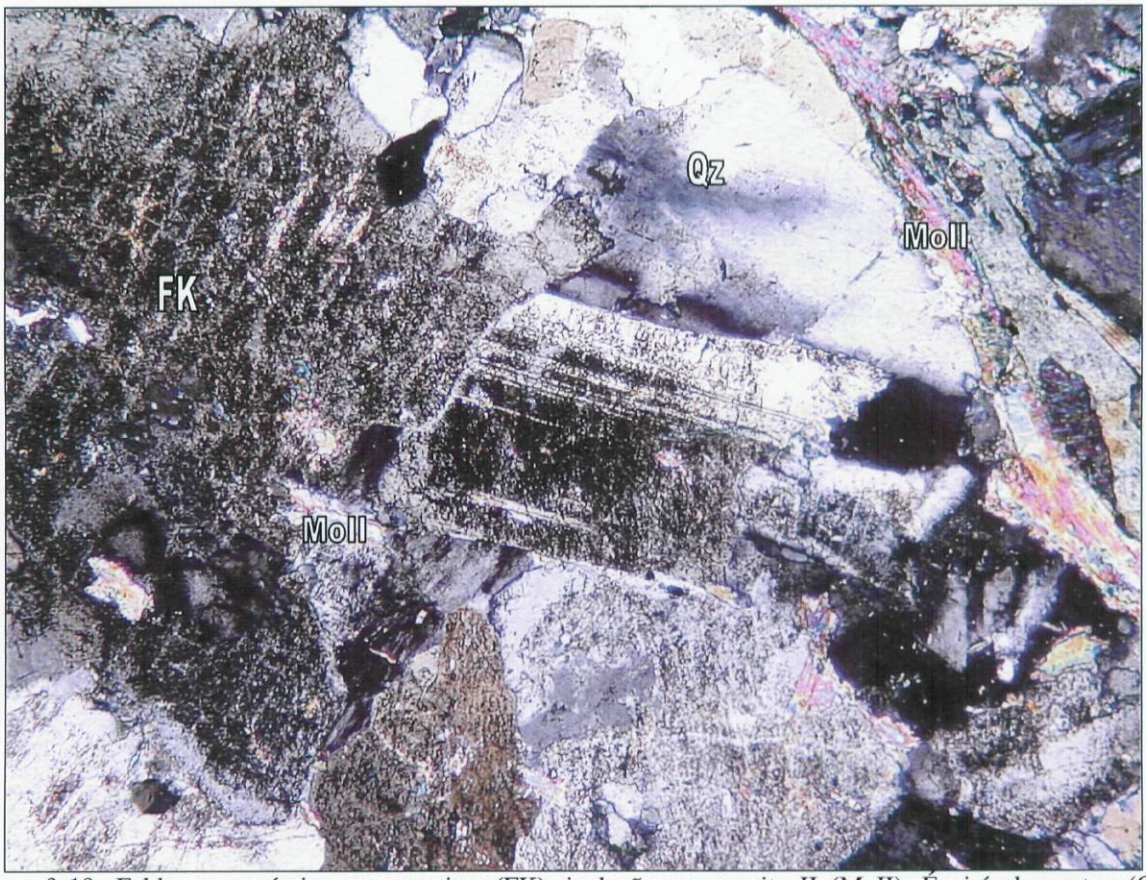


Foto n.º 19- Feldspato potássico com pertites (FK), inclusões moscovite II (MoII). É visível quartzo (Qz). Ampliação 5*10.

Nas bordaduras observa-se alguma moscovitização (moscovite II) do feldspato potássico. No seu interior também são visíveis alguns grãos de moscovite II, que estão a substituir o feldspato.

Normalmente a rodear o feldspato K aparece o quartzo, que como já foi referido, pode formar belas mirmequites.

Podem ocorrer, muito raramente, grãos com macla em xadrês, típica da microclina, com bordos pouco nítidos.

A Plagioclase é o feldspato mais abundante, apresentando-se geralmente sob a forma hipidiomórfica (subeuédrica), podendo as suas faces estar corroídas pelos minerais posteriores, nomeadamente a moscovite II (moscovitização).

É frequente apresentar uma textura marcada pela macla da lei da albite e mais raramente com algum zonamento.

No seu interior são frequentes óxidos de ferro e fenómenos de moscovitização dando origem a moscovite II (Foto nº 20).

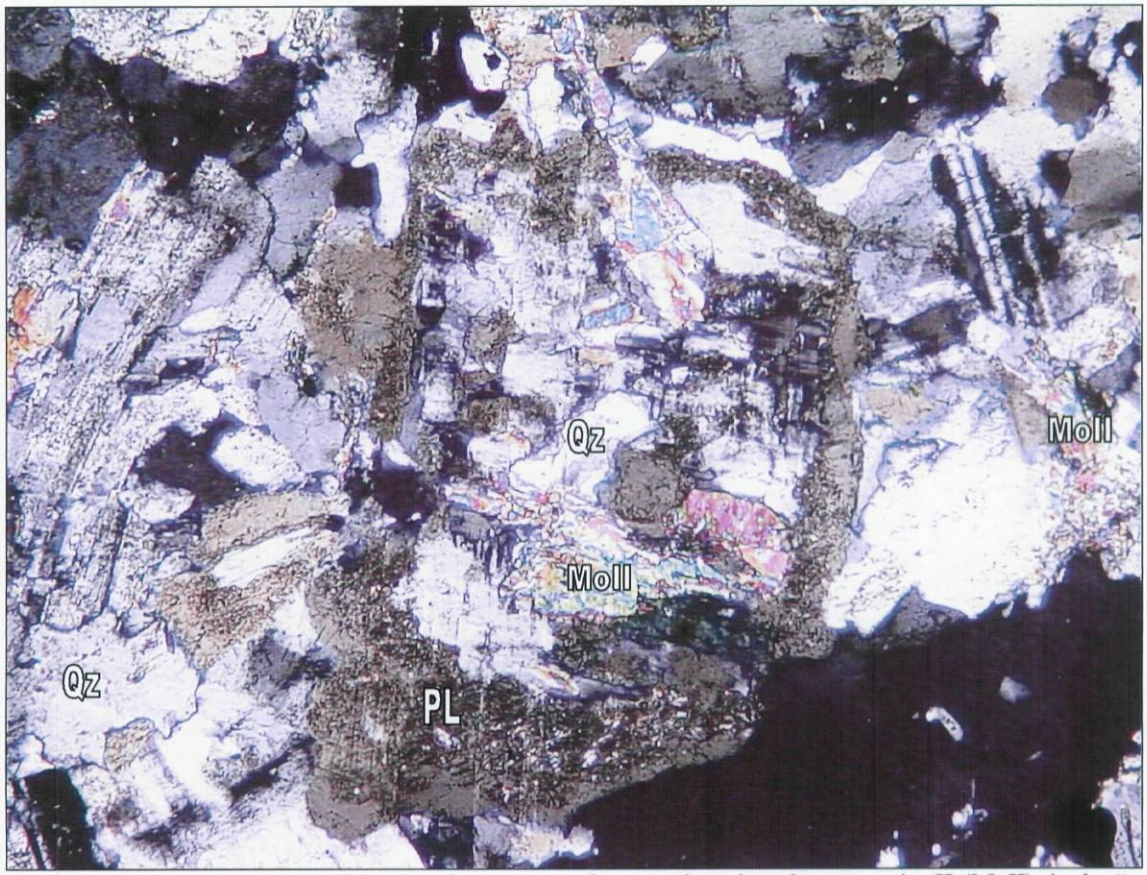


Foto n.º 20- Plagioclase euédrica (PL), interiormente totalmente alterada pela moscovite II (MoII), inclusões de Quartzo (Qz). Rodeada por quartzo, outras plagioclases, alguma moscovite II resultante da alteração de plagioclases. Ampliação 5*10.

Por vezes observam-se inclusões de quartzo.

Algumas plagioclases apresentam-se muito deformadas.

A Biotite, é muito rara e quando existe está a ser cloritizada.

A Moscovite, apresenta várias formas, sendo possível distinguir dois tipos:

Moscovite I (primária), ocorrendo em geral em cristais hipidiomórficos (subeuédricos), sendo relativamente abundante.

Por vezes observam-se inclusões de rútilo e zircão com halos pleocróicos.

Pode ocorrer associada à clorite, apresentando extinção ondulante e clivagens encurvadas.

Moscovite II (secundária), aparece:

i. a substituir a plagioclase, quer nos bordos, quer no seu interior;
ii. a alterar o feldspato potássico interna e externamente;
iii. resultante da substituição da clorite;
iv. intersticialmente ao longo de zonas de cisalhamento (podendo apresentar formas sigmóides).

b)Minerais secundários:

A Clorite, (variedade penina?), resulta da alteração da biotite, é pouco frequente e apresenta-se sob a forma de grãos hipidiomórficos (subeuédricos) a xenomórficos (anédricos).

Possui um pleocroismo esverdeado, e normalmente aparece paralelamente à moscovite I (Foto nº 21 / foto 22). Se resultar da alteração da biotite é normal que seja paralela à moscovite I.

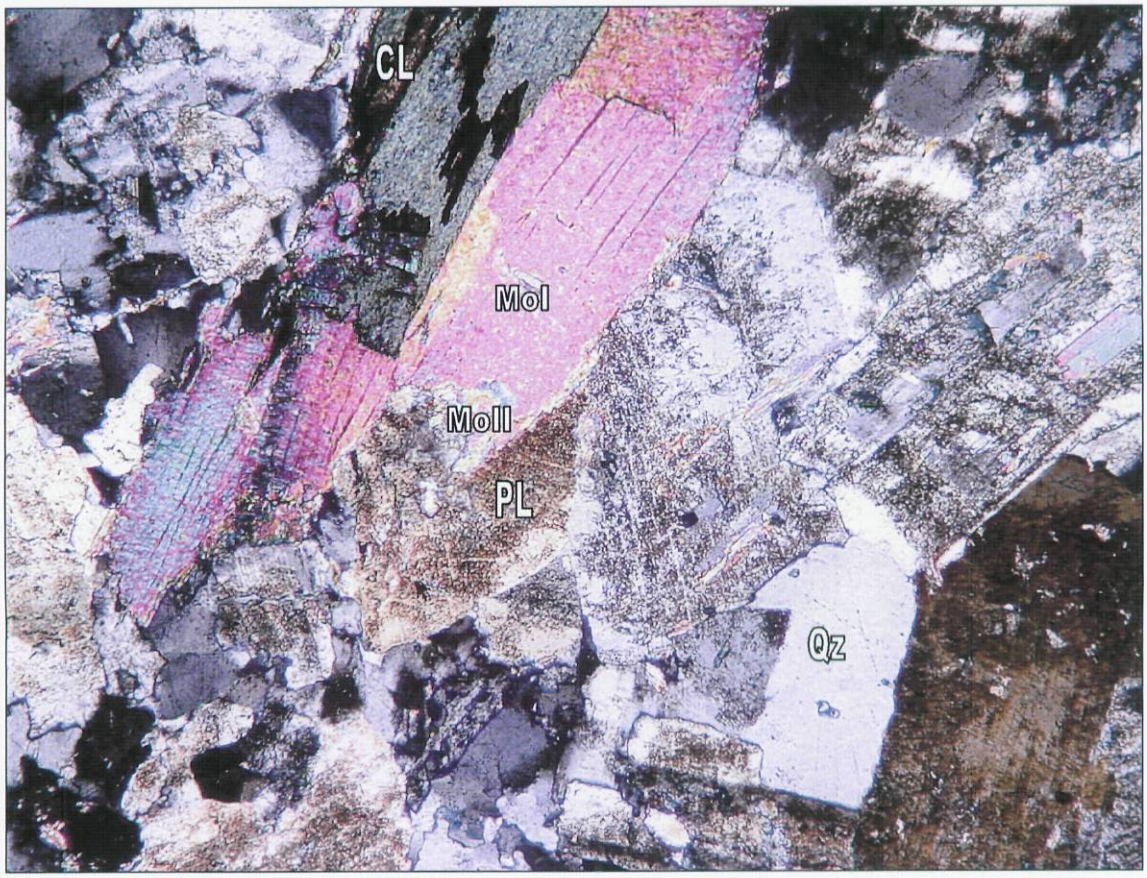
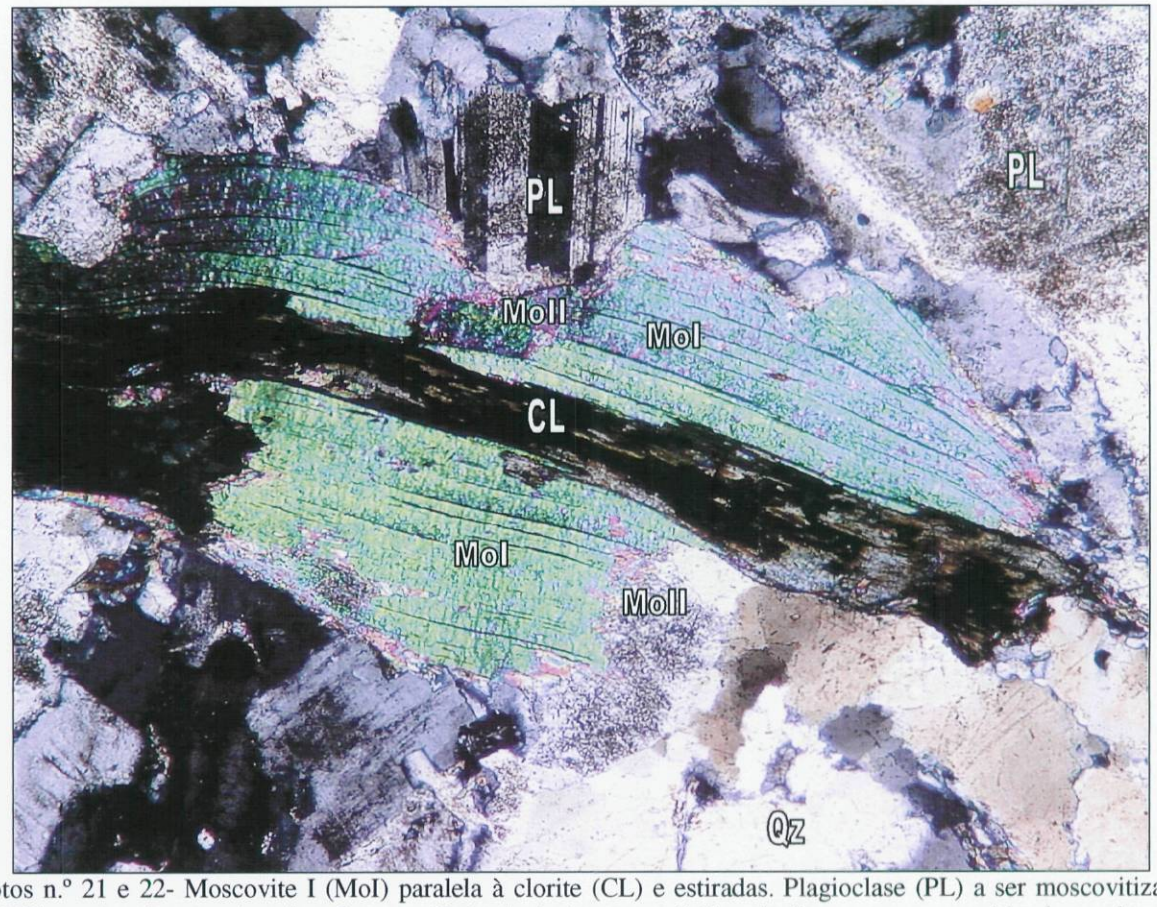


Foto n.º 21- legenda da foto 22.



Fotos n.º 21 e 22- Moscovite I (MoI) paralela à clorite (CL) e estiradas. Plagioclase (PL) a ser moscovitizada (MoII) nos bordos e no interior. Quartzo (Qz), plagioclase com óxidos de ferro a ser moscovitizada nos bordos que contactam com a moscovite I. Ampliação 5*10.

Em alguma zonas a clorite está a ser alterada e substituída por moscovite II.

Apresenta inclusões de zircão com halos pleocróicos, epídoto, óxidos de ferro e agulhas de rútilo (óxido de titânio).

A substituição da biotite por clorite, neste caso, é total, sendo normal esta substituição ocorrer preferencialmente ao longo dos planos de clivagem ou na bordadura.

Normalmente apresenta um hábito tabular.

b) Minerais acessórios:

Epídoto, ocorre associado à transformação de biotite em clorite, apresenta pleocroismo em tons amarelos e esverdeados, geralmente a sua forma é xenomórfica (anédrica).

Rútilo, está intimamente relacionado com a cloritização da biotite, ocorrendo sob a forma de agulhas, desenvolvendo um hábito acicular.

Zircão, bastante frequente, de um modo geral, ocorre como inclusão na clorite e na moscovite I, possui halos pleocroicos nítidos. Geralmente a tendência da sua forma é idiomórfica (euédrica).

2.3.4- PEDREIRA DE GRANITO ORIENTADO PRÓXIMA DOS CALCÁRIOS DE SANTO ADRIÃO

2.3.4.1- Descrição

Localiza-se a cerca de 700 m da pedreira de Santo Adrião, sendo o seu acesso feito através desta.

Extrai-se granito com fins industriais, mais propriamente para ser transformado em brita.

Esta pedreira deve pertencer à mesma empresa da de Santo Adrião, porque se encontram vestígios de brita de granito misturados com os calcários em Santo Adrião.

2.3.4.2- Aspectos Ambientais

Houve necessidade de abrir um caminho rural desde Santo Adrião até ao maciço granítico, com destruição de vegetação, perturbação dos ecossistemas locais, destruição de solo arável (Foto n.º 23).



Foto n.º 23- Vista geral da pedreira, com a paisagem envolvente típica e os caminhos de acesso.

Existe uma espécie de escombreira, embora não se lhes possa dar rigorosamente esse nome, onde são colocados alguns blocos, que mais parece um muro a delimitar o espaço da pedreira (Foto n.º 24, em cima).

Visualmente o seu impacte é somente local, pois a pedreira encontra-se tão afastada e até um pouco escondida que só quem a visitar é que nota o destoar do resto da paisagem envolvente, que inclui pinheiros, sobreiros e campos de cultivo de cereais.



Foto n.º 24- Em cima: vista geral da zona de extracção com alguns blocos a delimitar o espaço da pedreira. Em baixo: pormenor da corta.

Dá a sensação de um certo abandono, (não controlado, mas que pode oferecer perigos para quem por ali passe, uma vez que tem uma considerável depressão), porque não se observam vestígios de qualquer espécie de maquinaria.

É bem visível uma pequena depressão no chão que está a encher-se de água insalubre, constituindo inúmeros perigos (Foto n.º 25, em cima).



Foto n.º 25- Em cima: na zona de extracção a formação de uma lagoa. Em baixo: pormenor das características da rocha, contraste entre o granito são (Gr.S) e o granito alterado (Gr.A) por episienitização.

2.3.4.3- Petrografia

Descrição macroscópica

É um granito de cor cinzenta, um pouco semelhante ao da pedreira de Caçarelhos. É constituído por quartzo, feldspato, biotite, moscovite, sendo classificado como um granito de duas micas, orientado.

A sua estrutura é holocristalina, fanerítica, equigranular de grão médio.

O maciço encontra-se muito fracturado e com bastante episienitização nas zonas mais superficiais, como é bem visível na foto n.º 25 (foto de baixo).

Descrição microscópica

Os granitos desta pedreira caracterizam-se por terem uma textura hipidiomórfica granular, de grão médio a fino, constituídos por quartzo, feldspato potássico, plagioclase, moscovite e biotite, como minerais principais. O zircão e a apatite aparecem como minerais acessórios. Ocorre ainda moscovite secundária.

Para efectuar o estudo óptico destes granitos fizeram-se duas lâminas delgadas.

Minerais identificados e suas características:

a) Minerais essenciais:

O Quartzo apresenta uma forma xenomórfica (ou anédrica), apresentando deformação evidente, marcada pela extinção ondulante a fortemente ondulante, nomeadamente nas zonas de recristalização, em que os grãos se apresentam mais finos, representando uma geração de quartzo mais tardia.

Os grãos de quartzo podem ter dimensões muito variáveis, mas nas zonas em que se encontram agregados o seu tamanho tende a ser uniforme. Os bordos dos grãos definem estruturas mais ou menos em mosaico com contactos indentados.

Ocorre ainda como inclusão do feldspato potássico sob a forma goticular ou vermicular, e associado a mirmequites.

O Feldspato potássico ocorre preferencialmente sob a forma de grãos hipidiomórficos (subeuédricos), com maclas de Carlsbad, típica da ortóclase (Foto n.º 26), no entanto também se observaram alguns cristais com macla em xadrês, típica da microclina, que pode ser resultado de uma microclinização do feldspato.

Alguns grãos estão a ser moscovitizados (moscovite II).

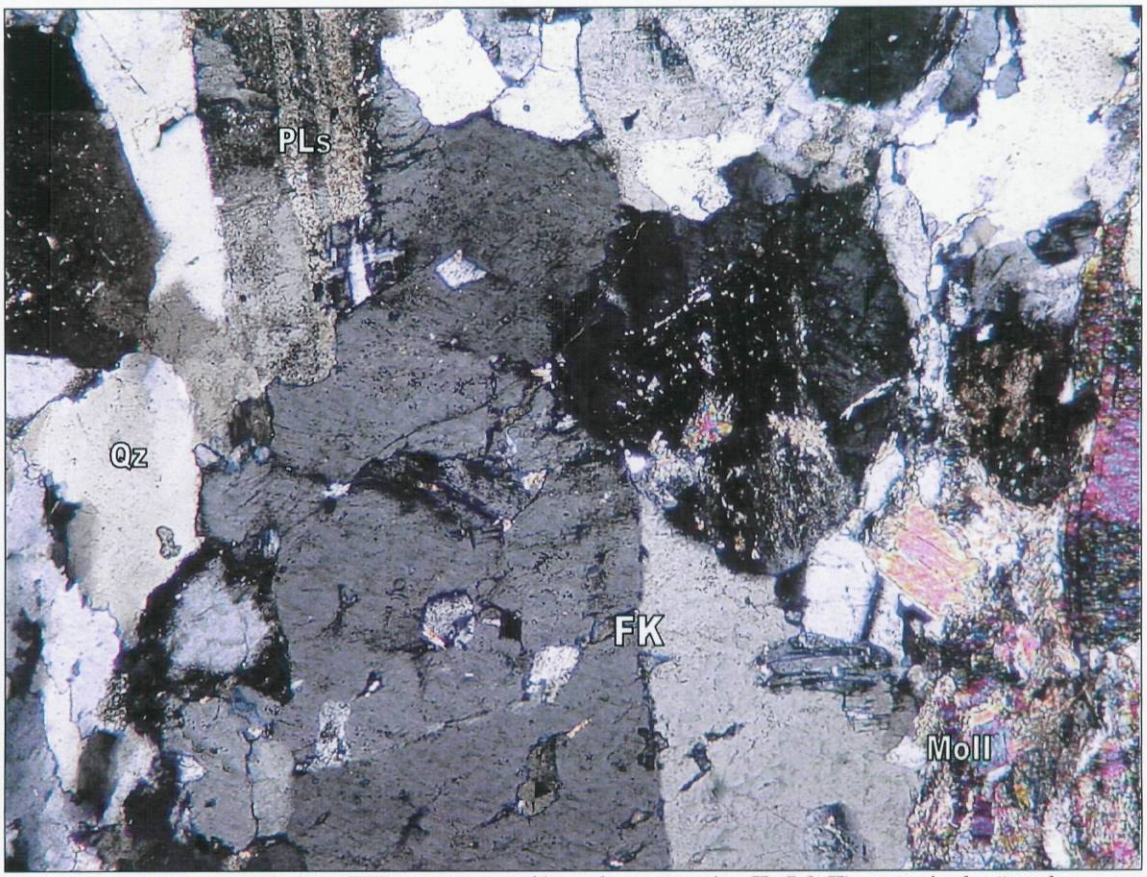


Foto n.º 26- Feldspato potássico (FK) a ser corroído pela moscovite II (MoII), com inclusões de quartzo e plagioclase. Plagioclase sericitizada (PLs), rodeada por quartzo (Qz) bem desenvolvido com contornos pouco ou nada nítidos. Ampliação 5*10.

Podem ocorrer grãos com pertites. Alguns também apresentam inclusões de moscovite II (moscovitização).

Os cristais de **Plagioclase**, são, geralmente, hipidiomórficos (subeuédricos), encontrando-se por vezes sericitizados e outros moscovitizados.

A plagioclase ocorre associada ao quartzo formando mirmequites, que se situam na bordadura de plagioclases primárias e em contacto com o feldspato potássico (Foto n.º 27).

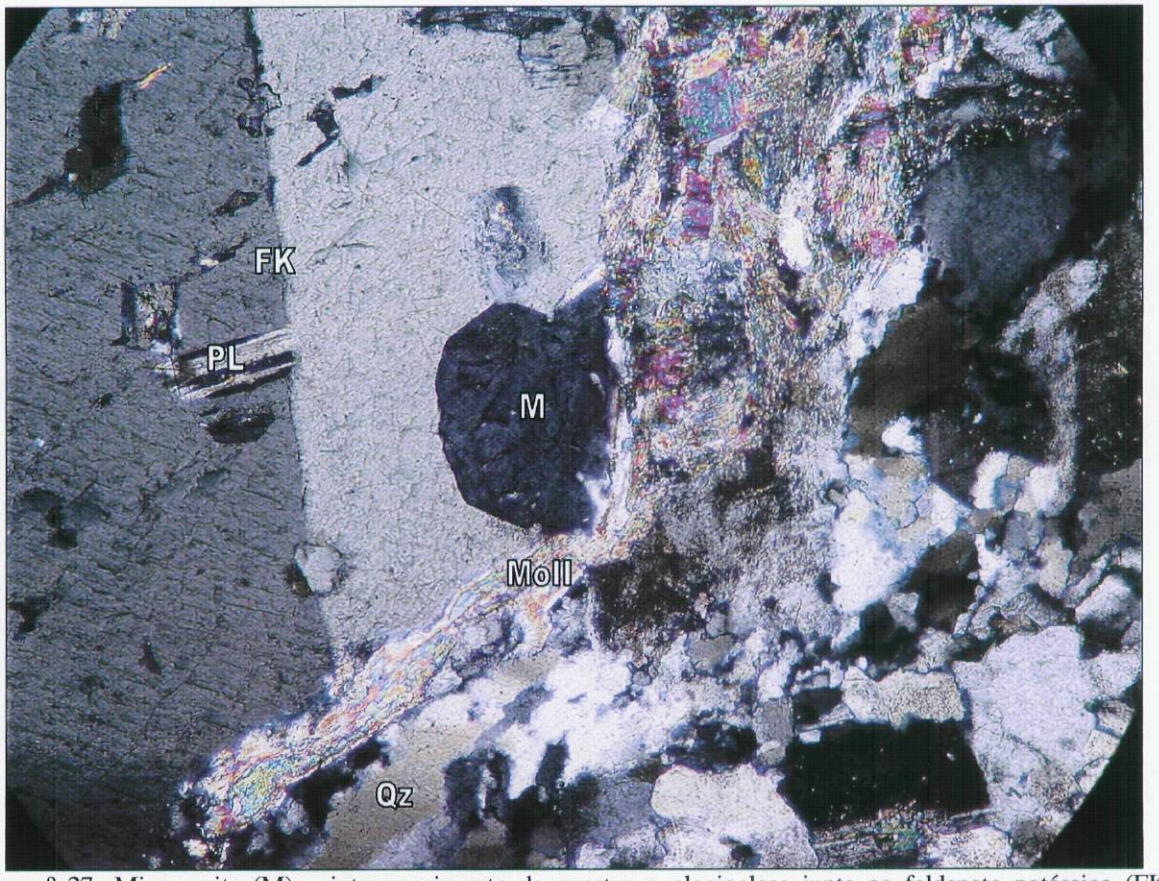


Foto n.º 27- Mirmequite (M) – intercrescimento de quartzo e plagioclase junto ao feldspato potássico (FK). Ampliação 10*10.

Interiormente algumas plagioclases encontram-se totalmente, ou quase, moscovitizadas.

São bem nítidas as maclas segundo a lei da albite lei da albite.

A Biotite é geralmente hipidiomórfica (subeuédrica), podendo aparecer alguns grãos xenomórficos (anédricos). Ocorre em cristais isolados ou em agregados, usualmente com cor castanha e pleocroismo que varia desde X= amarelo palha a Z,Y= castanho avermelhado.

Contém abundantes inclusões de zircão, com halos fortemente pleocróicos, e apatite.

Usualmente ocorre em hábito tabular.

Alguns cristais encontram-se deformados, apresentando clivagens encurvadas , o que indica deformação, provavelmente por cisalhamento.

Apresenta bordos corroídos por moscovite II (moscovitização da biotite) (Foto n.º 28).

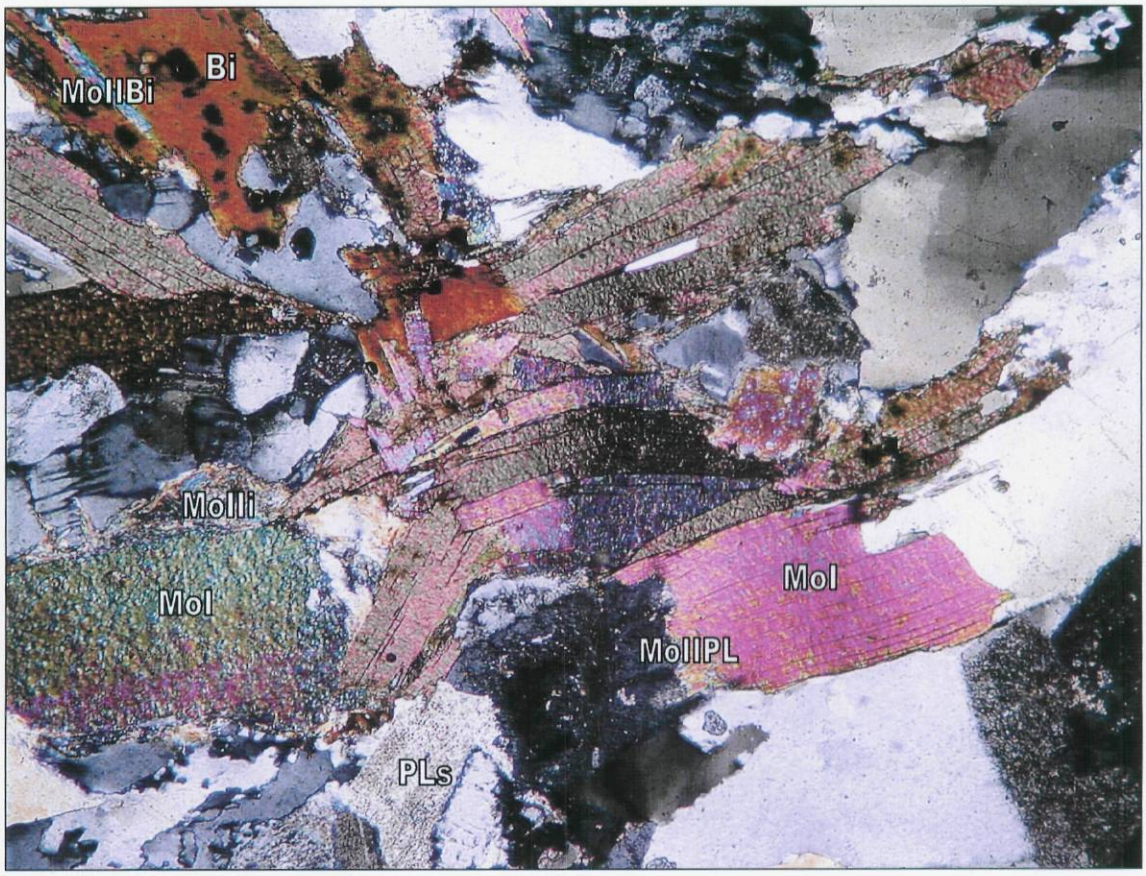


Foto n.º 28- Moscovitização da biotite (MoIIBi) que contém imensas inclusões de zircão, e outros aspectos de formação da moscovite II: plagioclase sericitizada (PLs), moscovitização da plagioclase (MoIIPL), moscovite II intersticial (MoIIi). Ampliação 5*10.

Podem ocorrer pequenos grãos de clorite, resultantes da alteração da biotite.

Na **Moscovite** podem ser identificadas duas gerações de moscovite:

Moscovite I (primária), ocorrendo em geral sob a forma de cristais hipidiomórficos (subeuédricos), desenvolvendo-se paralelamente à biotite (Foto n.º 29).

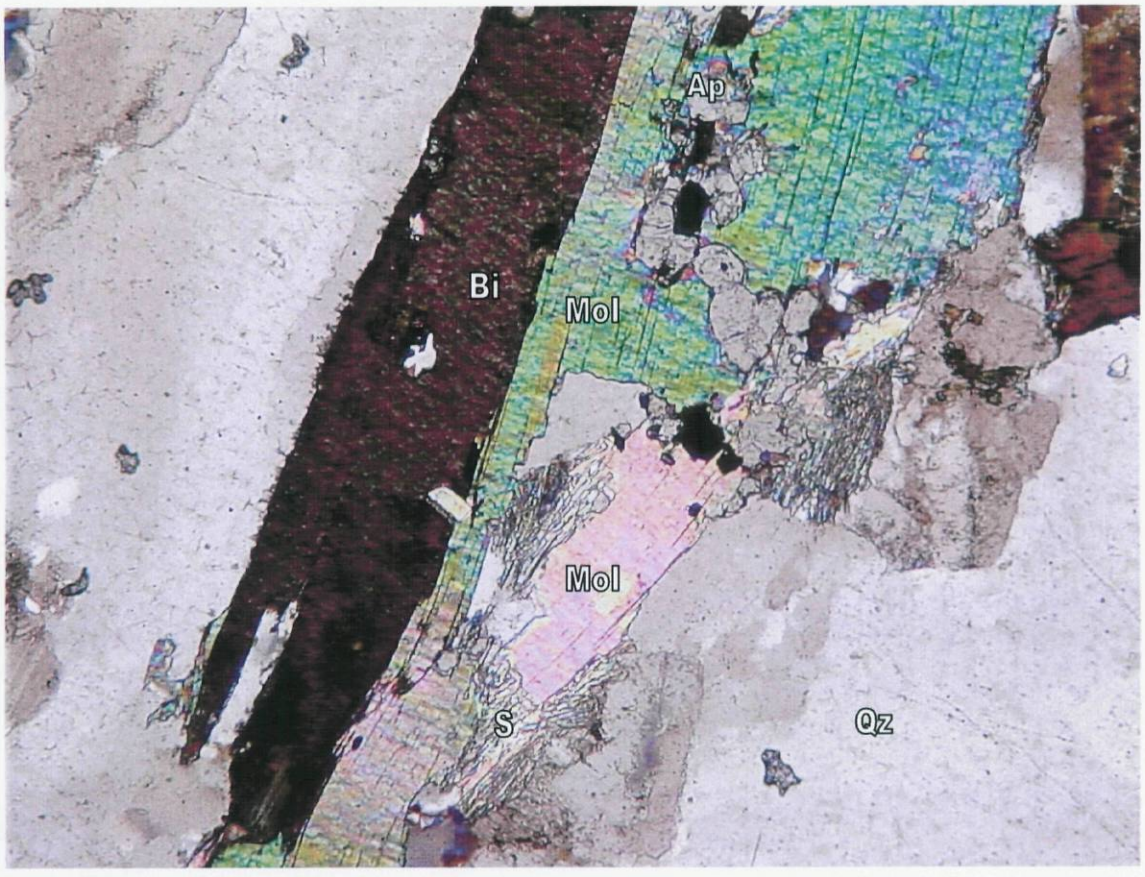


Foto n.º 29- Biotite (Bi) a desenvolver-se paralelamente à moscovite I. Formação de orlas simplectíticas (S) entre a moscovite e o Quartzo (Qz). Observa-se apatite (Ap) no interior da moscovite I (MoI). Ampliação 5*10.

Alguns cristais encontram-se orientados e deformados (podendo ocorrer intercrescimento de moscovite e biotite nas zonas mais deformadas). Clivagens encurvadas e extinção ondulante denunciam fenómenos de deformação.

Por vezes observam-se grãos contendo zircão com halos pleocróicos.

Moscovite II (secundária), apresenta-se sob diversos aspectos:

i. associações simplectíticas com o quartzo, crescendo em palhetas;
ii. a substituir o feldspato potássico (resultante da alteração do feldspato);
iii. moscovite intersticial na matriz ou sublinhando planos de cisalhamento;
iv. moscovitização da biotite (substituição da biotite pela moscovite), bem visível na Foto n.º 28.

a) Minerais acessórios:

A Apatite aparece geralmente sob a forma de grãos idiomórficos (euédricos), hexagonais ou com hábito acicular, como inclusão na biotite.

A Clorite ocorre como resultado da alteração da biotite. É pouco frequente, possuíndo no seu interior palhetas escuras (óxidos de titânio – rútilo e/ou óxidos de ferro) e zircão com halos pleocróicos.

O Zircão ocorre como inclusão na biotite, na clorite e por vezes na moscovite, exibindo halos pleocróicos. Os seus grãos mostram uma tendência idiomórfica (euédrica).

A Sericite, resulta da alteração da plagioclase.

2.3.5- PEDREIRA DE FONTE COLAÇO / MEDRONHEIRO (Granito)

2.3.5.1- Descrição

Encontra-se abandonada, a cerca de 150 m da estrada n.º 546, que liga Vimioso a Alcanices (Espanha).

Deste maciço foram extraídas rochas para fins ornamentais, continuando a apresentar boas propriedades de exploração (Foto n.º 30).

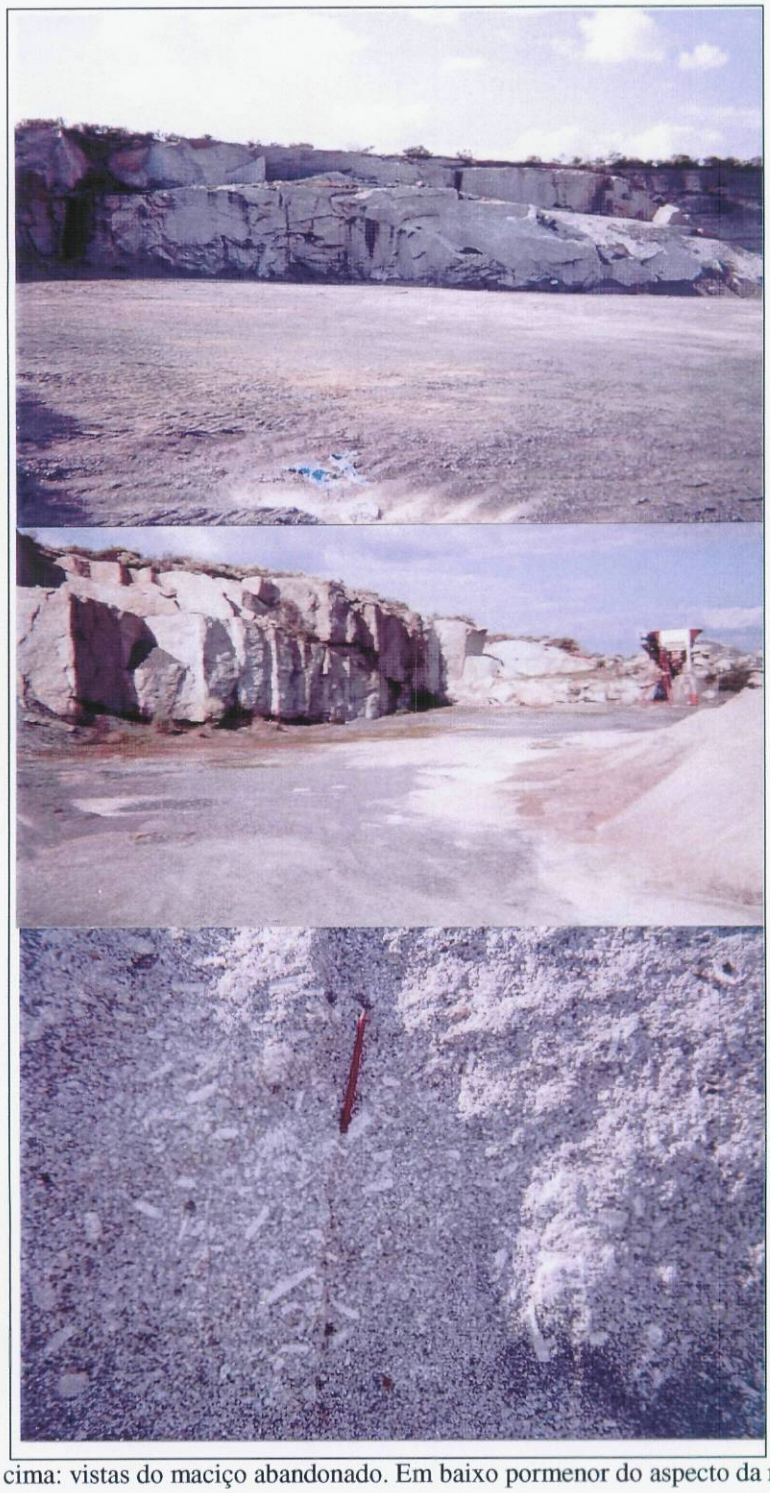


Foto n.º 30- Em cima: vistas do maciço abandonado. Em baixo pormenor do aspecto da rocha no maciço.

2.3.5.2- Aspectos Ambientais

O primeiro impacte ambiental a salientar nesta pedreira é o visual por ser bastante agressivo (Foto n.º 31), destoando imenso da restante paisagem natural, que por sinal possui uma beleza notável de vegetação que se mistura com inúmeras bolas de rocha (caos de blocos) com formas e dimensões impressionantes.

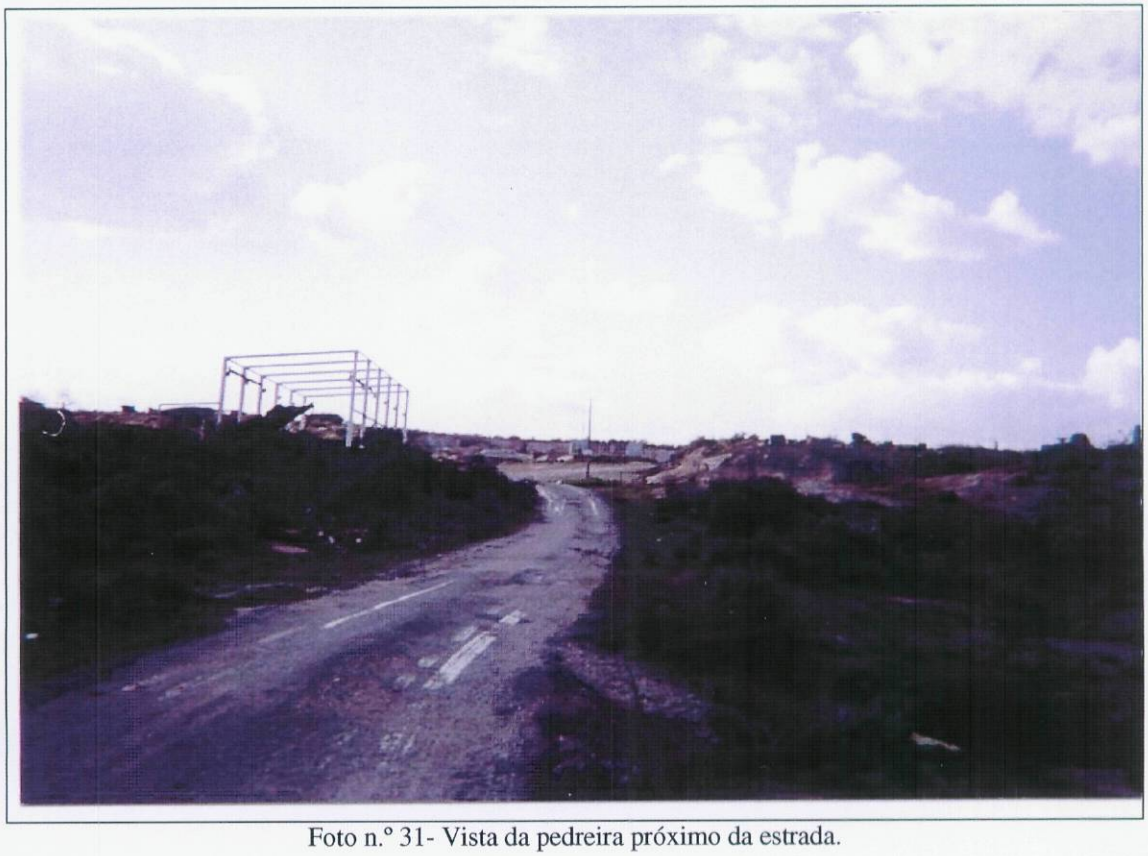


Foto n.º 31- Vista da pedreira próximo da estrada.

Houve destruição do pequeno cabeço e de algumas bolas, notando-se que muito recentemente uma bola ao lado da velha exploração foi "escavada" (Foto n.º 32).



Foto n.º 32- Bolas de caos de blocos de dimensões consideráveis de granito porfiróide. Em cima a destruição duma dessas bolas. Em baixo pormenor do aspecto da rocha dessas bolas.

Verifica-se também que o abandono da pedreira não foi controlado, dando a sensação que o local está a servir (ou serviu) de estaleiro que apoia a reparação da estrada. São bem visíveis os vestígios de depósitos de asfalto com imenso alcatrão, máquinas diversas que nada têm a ver com a exploração, lixos (Foto n.º 33). Toda esta panóplia de confusão se encontra dispersa por toda a zona da pedreira, provocando a contaminação do solo por descargas directas de substâncias cuja

proveniência é desconhecia, e por abandono de resíduos industriais e lixos que, com as chuvas, se vão infiltrar e contaminar igualmente os lençóis de água subterrâneos e algumas linhas de água superficiais, bem como o próprio solo.



Foto n.º 33- Aspecto visual da pedreira com montículos de areias e brita, provenientes de outros locais, e lixos diversos espalhados por todo o espaço da mesma.

2.3.5.3- Petrografia

Descrição macroscópica

O maciço apresenta-se bem conservado, praticamente sem alteração, com alguma fracturação mas muito espaçada.

A rocha possui uma cor cinzenta (azul-acinzentada), com megacristais que parecem ser de feldspato potássico (provavelmente ortóclase). A sua estrutura é porfiróide, holocristalina, fanerítica com matriz de grão médio a fino.

Também parece apresentar algum quartzo, biotite e moscovite, pelo que o podemos designar de duas micas.

Descrição microscópica

Os granitos desta pedreira caracterizam-se por terem uma textura hipidiomórfica granular, porfiróide, constituídos por quartzo, feldspato potássico, plagioclase, moscovite e biotite, como minerais principais. O zircão, a apatite e a monazite aparecem como minerais acessórios, ocorrendo ainda moscovite secundária.

Para efectuar o estudo óptico destes granitos fizeram-se quatro lâminas delgadas.

Minerais identificados e suas características:

a) Minerais essenciais:

O Quartzo, com forma xenomórfica (anédrica), ocorre quer em cristais mais ou menos bem desenvolvidos, indentados entre si, com bordos recortados e extinção ondulante, quer em cristais com textura em mosaico resultantes de fenómenos de recristalização.

Pode ocorrer no interior do feldspato potássico e da plagioclase sob a forma de pequenas inclusões goticulares ou vermiculares.

Aparece ainda em associação mirmequítica com a plagioclase, no contacto desta com o feldspato potássico.

As reacções simplectíticas com a moscovite também estão presentes, associadas a alguma plagioclase.

Embora muito raras aparecem inclusões no seu interior de pequenos grãos de biotite.

O Feldspato potássico, presente sob a forma de grãos hipidiomórficos (subeuédricos), alguns de dimensões maiores (megacristais), ocorre em grãos com pertites bem nítidas.

Os megacristais são de microclina pertítica, com macla em xadrez, exibindo igualmente a macla de carlsbad (Foto n.º 34).

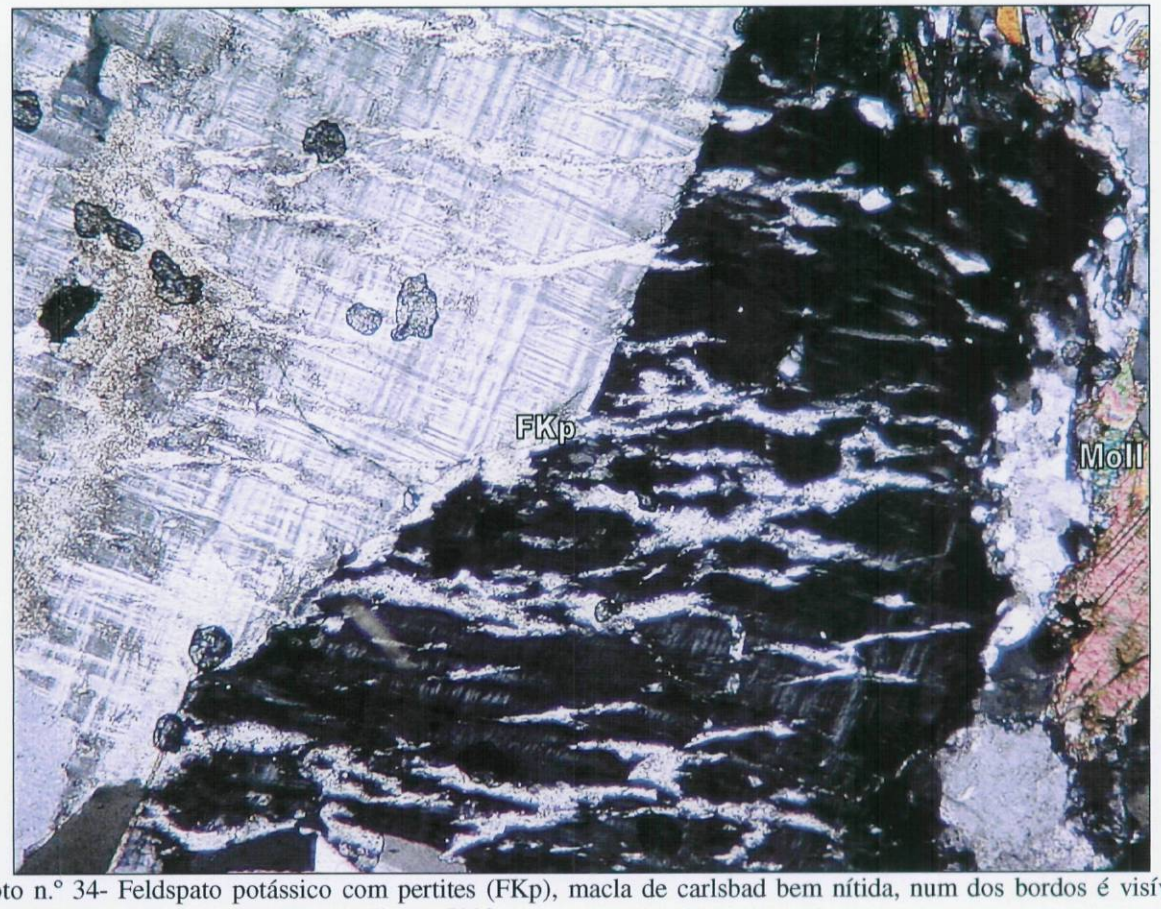


Foto n.º 34- Feldspato potássico com pertites (FKp), macla de carlsbad bem nítida, num dos bordos é visível alguma moscovitização (MoII). Ampliação 5*10.

Por vezes observam-se inclusões de plagioclase (zonada), quartzo, biotite e moscovite II.

Nos bordos de alguns feldspatos a moscovitização é bem evidente.

A Plagioclase é o feldspato mais abundante. Geralmente ocorre em grãos idiomórficos (euédricos) a hipidiomórficos (subeuédricos), alguns bem desenvolvidos (megacristais), por vezes com zonamento e mais frequentemente com maclas segundo a lei da albite (Foto n.º 35).

Apesar de, na generalidade, os contornos dos grãos serem bem nítidos, em alguma zonas encontram-se fortemente corroídos devido à moscovitização, o que também acontece no interior da plagioclase.

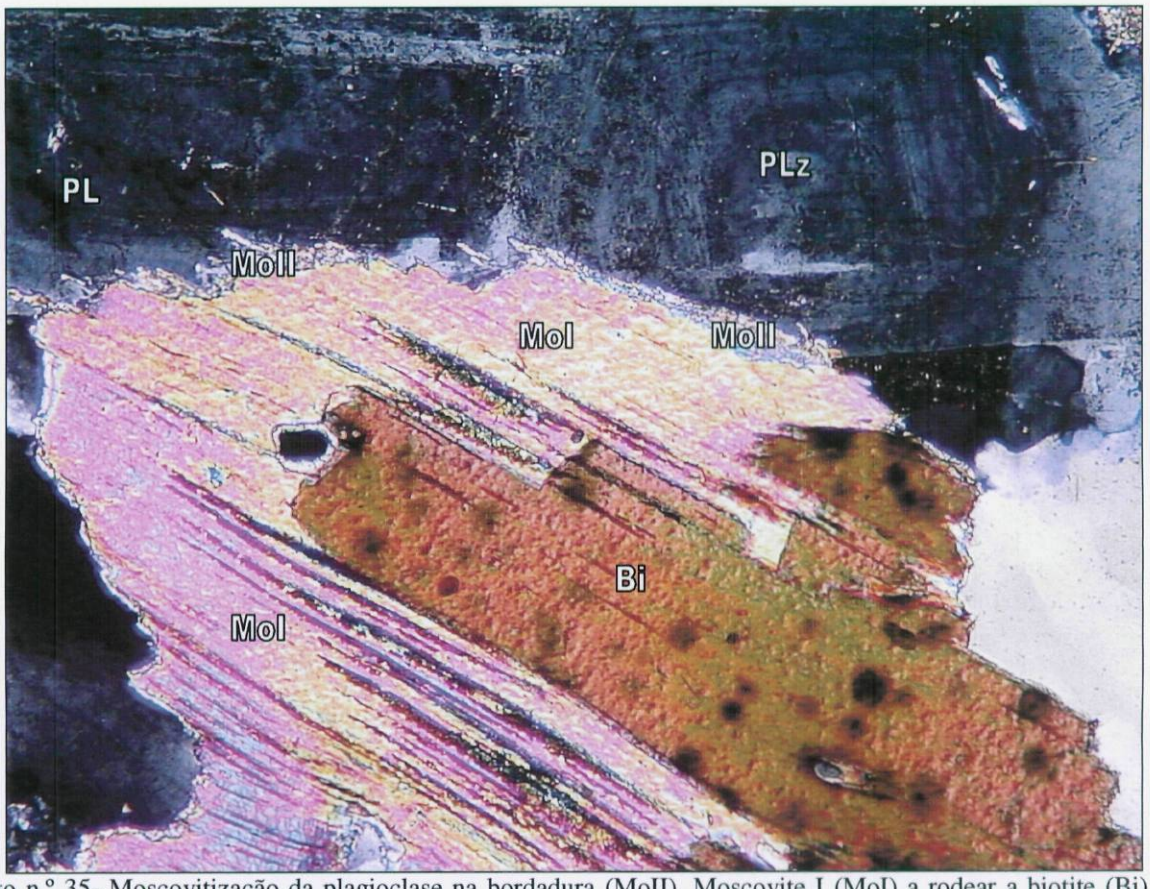


Foto n.º 35- Moscovitização da plagioclase na bordadura (MoII). Moscovite I (MoI) a rodear a biotite (Bi) de forma a interagir melhor para transformar a plagioclase (PL) com mais facilidade. É bem visível plagioclase zonada (PLz) no canto superior direito da foto. Ampliação 5*10.

No interior dos grãos maiores são visíveis, grãos de menores dimensões correspondendo quer a plagioclases quer a feldspato potássico.

Por vezes desenvolvem-se belas mirmequites no contacto entre a plagioclase, o quartzo e o feldspato potásssico (Foto n.º 36).

A Biotite aparece geralmente em grãos hipidiomórficos (subeuédricos), podendo ocorrer grãos com formas xenomórficas (anédricas), mais raros.

Na generalidade, aparece associada à moscovite e paralela à plagioclase, aspecto bem visível na foto n.º 36.

A sua cor castanha é típica, e o pleocroismo varia de X= amarelo palha a Z,Y= castanho avermelhado.

Apresenta-se geralmente em hábito tabular.

Contém abundantes inclusões de zircão com halos pleocróicos, apatite e raramente monazite.

Em algumas zonas a biotite apresenta-se alterada pela moscovite II (moscovitização) (Foto n.º 37).

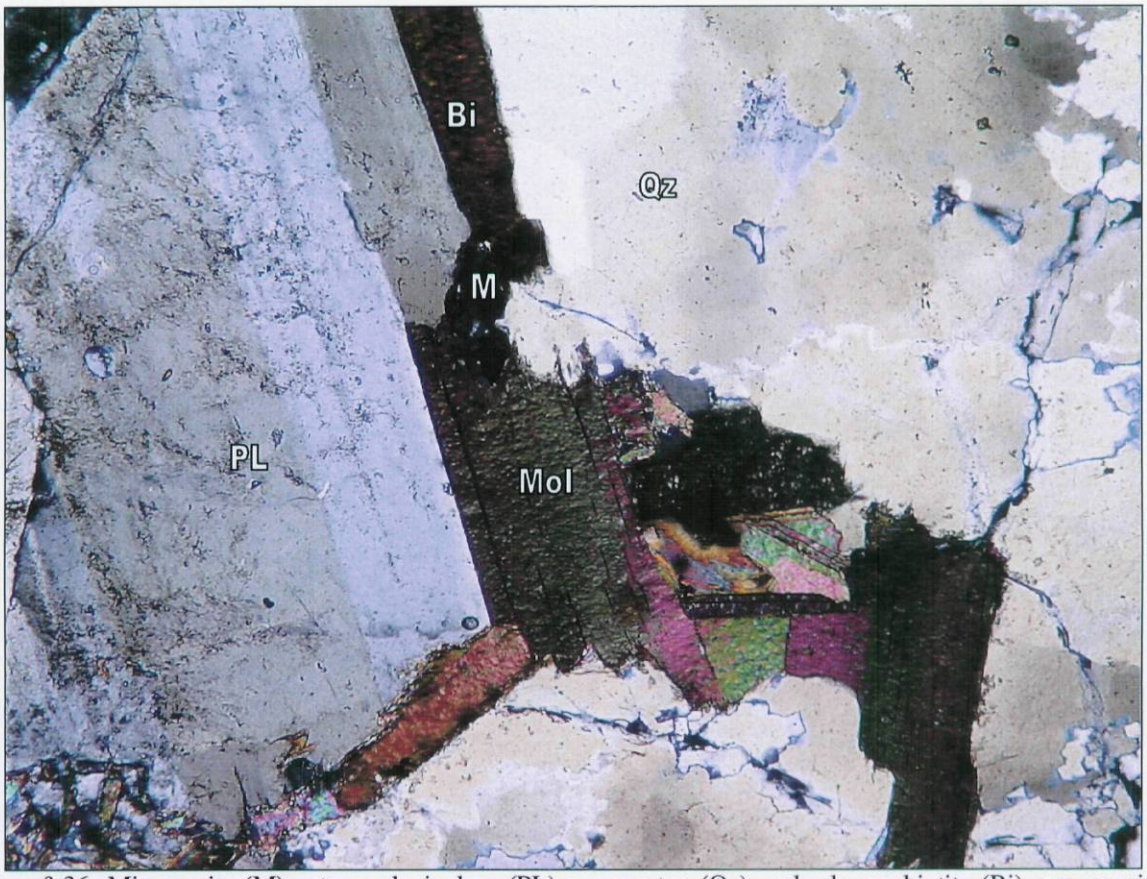


Foto n.º 36- Mirmequite (M) entre a plagioclase (PL) e o quartzo (Qz), rodeada por biotite (Bi) e moscovite I (MoI). Ampliação 5*10.

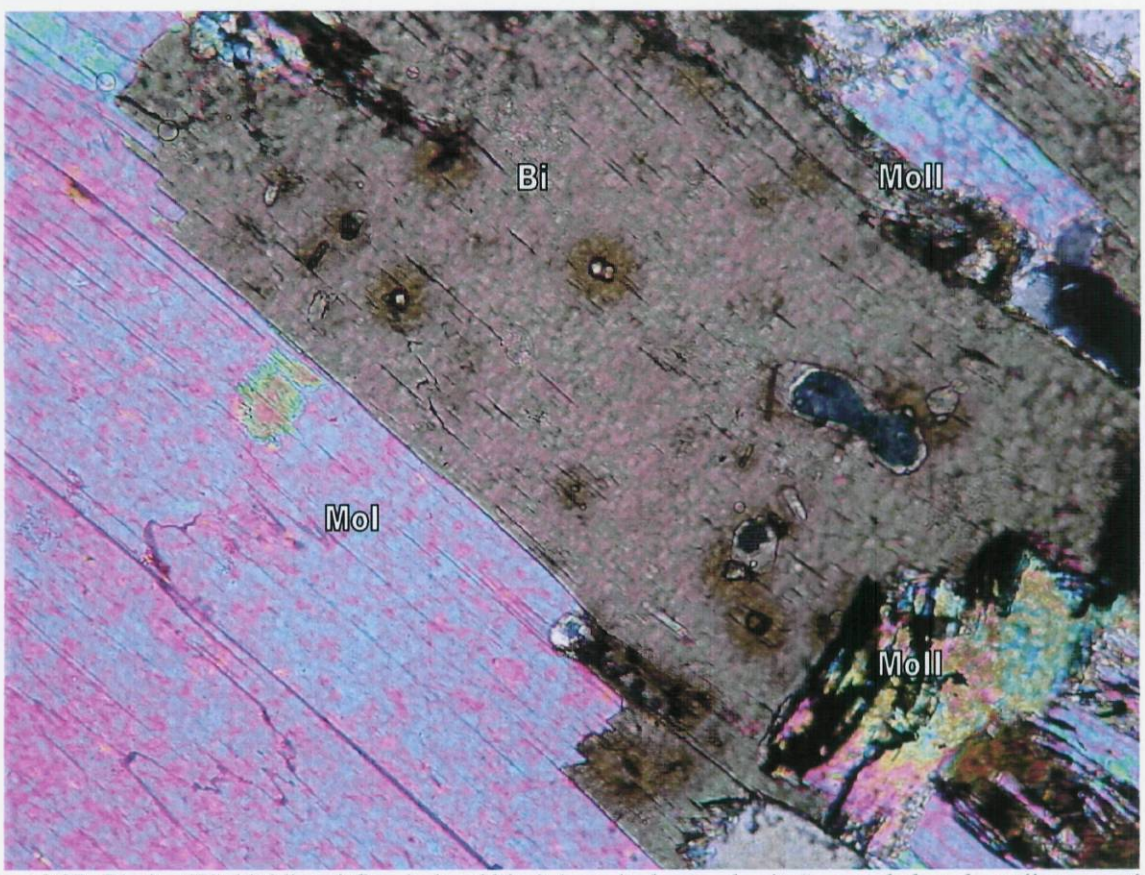


Foto n.º 37- Biotite (Bi) hipidiomórfica (subeuédrica) (com inclusões de zircão com halos pleocróicos, apatite e eventualmente monazite) paralela à moscovite I (MoI). Mosc.II (MoII) a alterar a biotite no canto inferior direito da foto. Ampliação 10*10.

Na **Moscovite** são visíveis duas gerações:

Moscovite I (primária), que geralmente se apresenta em grãos hipidiomórficos (sueuédricos), desenvolvendo-se paralelamente à biotite e à plagioclase (Fotos n.º 36 e 37).

Alguns grãos apresentam no seu interior minerais de zircão com halos fortemente pelocróicos.

Moscovite II (secundária), resultando de:

i. alteração da biotite;

ii. moscovitização da plagioclase e por vezes do feldspato potássico;

b) Minerais acessórios:

A Apatite ocorre como inclusão na biotite, sob a forma de grãos idiomórficos (euédricos), pseudo-hexagonais ou com hábito acicular.

O Zircão aparece como inclusão na biotite e da moscovite, os seus grãos mostram uma tendência idiomórfica (euédrica), com halos pleocróicos bem nítidos e evidentes.

A Monazite é muito rara e aparece associada à biotite, com uma forma idiomórfica (euédrica).

2.3.6- GEOQUÍMICA

Foram efectuadas análises químicas de rocha total em dois grupos de rochas, graníticas e carbonatadas, os resultados encontram-se expressos no quadro III:

RESULTADOS DOS DADOS EM % EM PESO (por 100 gr. de rocha total)

ELEMENTOS (% EM PESO DOS OXIDOS)	AMOSTRAS DE ROCHAS GRANITICAS			AMOSTRAS DE ROCHAS CARBONATADAS		
	FV-1	FV-2	FV-3	FV-4	FV-5	FV-6
SiO_2	72,25	70,33	72,70	0,29	0,29	0,52
Al_2O_3	14,84	15,56	15,02	0,13	0,18	0,27
(Fe_2O_3)	1,51	2,03	1,44	0,09	0,05	1,15
MnO	0,02	0,03	0,02	< 0,02	< 0,02	0,21
CaO	0,74	1,22	0,72	55,78	55,36	29,28
MgO	0,34	0,64	0,31	0,40	0,56	20,65
Na_2O	3,06	3,10	3,15	< 0,20	0,11	< 0,20
K_2O	5,13	5,37	5,07	< 0,03	< 0,03	< 0,03
TiO_2	0,18	0,26	0,17	< 0,04	< 0,04	< 0,04
P_2O_5	0,35	0,30	0,34	< 0,03	< 0,03	< 0,03
P. Rubro	1,05	0,72	0,92	42,94	43,21	47,91

Quadro III- Resultados das análises químicas, obtidos pelo método de Fluorescência de Raio – X, nos laboratórios do IGM – Porto. As amostras representam: FV1- Gr. Orientado de Santo Adrião, FV2- Gr. de Fonte Colaço/Medronheiro, FV3- Gr. de Caçarelhos, FV4- Mármore de S. Pedro da Silva, FV5- Mármore se Santo Adrião e FV6- Calcário de Santo Adrião.

2.3.6.1- Rochas Magmáticas

Nas rochas graníticas a sua composição química depende essencialmente das condições termodinâmicas de cristalização do magma e da natureza química do meio. Os minerais das rochas graníticas que melhor caracterizam a sua composição e condições físico-químicas do meio em que cristalizam são as micas (moscovite e biotite) e os feldspatos (potássicos e plagioclases) (ALMEIDA,1994).

A caracterização geoquímica dos granitos em estudo foi feita em duas fases: a partir de resultados de análises químicas de rocha total e em algumas fases minerais respectivamente por fluorescência de raio – X e à microssonda electrónica; ambos os estudos foram efectuados nos laboratórios do IGM (Instituto Geológico Mineiro) de S. Mamede Infesta, Porto.

Quimicamente as rochas graníticas podem ser analisadas em termos de elementos maiores (sendo estes os constituintes mais significativos das rochas e dos minerais), ou em termos de elementos menores e traço, que são marcadores dos processos envolvidos na génese da rocha. No

presente trabalho apenas se terá em conta, quimicamente os elementos maiores, quer em rocha total quer em minerais.

a) Geoquímica da Rocha Total

As três amostras correspondestes ao grupo dos granitos FV1 (Granito Orientado de S^{to} Adrião), FV2 (Granito de Fonte Colaço/Medronheiro) e FV3 (Granito de Caçarelhos), são caracterizados (segundo os resultados das análises químicas representadas no quadro III) pela sua riqueza em sílica (SiO_2), respectivamente 72,25%; 70,33%; 72,70%, e em álcalis ($Na_2O + K_2O$) com valores de 8,19; 8,47; 8,22, respectivamente, sendo mais empobrecidos em CaO (0,74; 1,22; 0,72), MgO (0,34; 0,64;0,31), TiO_2 (0,18; 0,26; 0,17), Fe_2O_3t (1,51; 2,03; 1,44) e MnO cujos valores são muito baixos (0,02; 0,03; 0,02). Relativamente ao P_2O_5 apesar dos números serem baixos (0,35; 0,30; 0,34) podemos considerar os seus valores relativamente altos para este tipo de rochas.

É de salientar que, pela análise dos resultados do quadro III, a amostra FV2 (Gr. do Medronheiro) apresenta algumas diferenças em relação às outras duas amostras, nomeadamente nos valores em sílica que são ligeiramente mais baixos, e os valores em cálcio, magnésio titânio e ferro que são ligeiramente mais elevados.

Para ilustrar os domínios de composição e os caracteres evolutivos dos três grupos graníticos, foram seleccionados vários diagramas químicos. Na série de diagramas da fig. n.º 20, projectaram-se os elementos maiores em função do parâmetro B= Fe + Mg + Ti (calculado a partir do número de milicatiões dos elementos em 100 g de rocha). Este parâmetro é directamente proporcional à percentagem de biotite (único mineral ferromagnesiano destes granitos) e pode representar um índice de evolução das rochas.

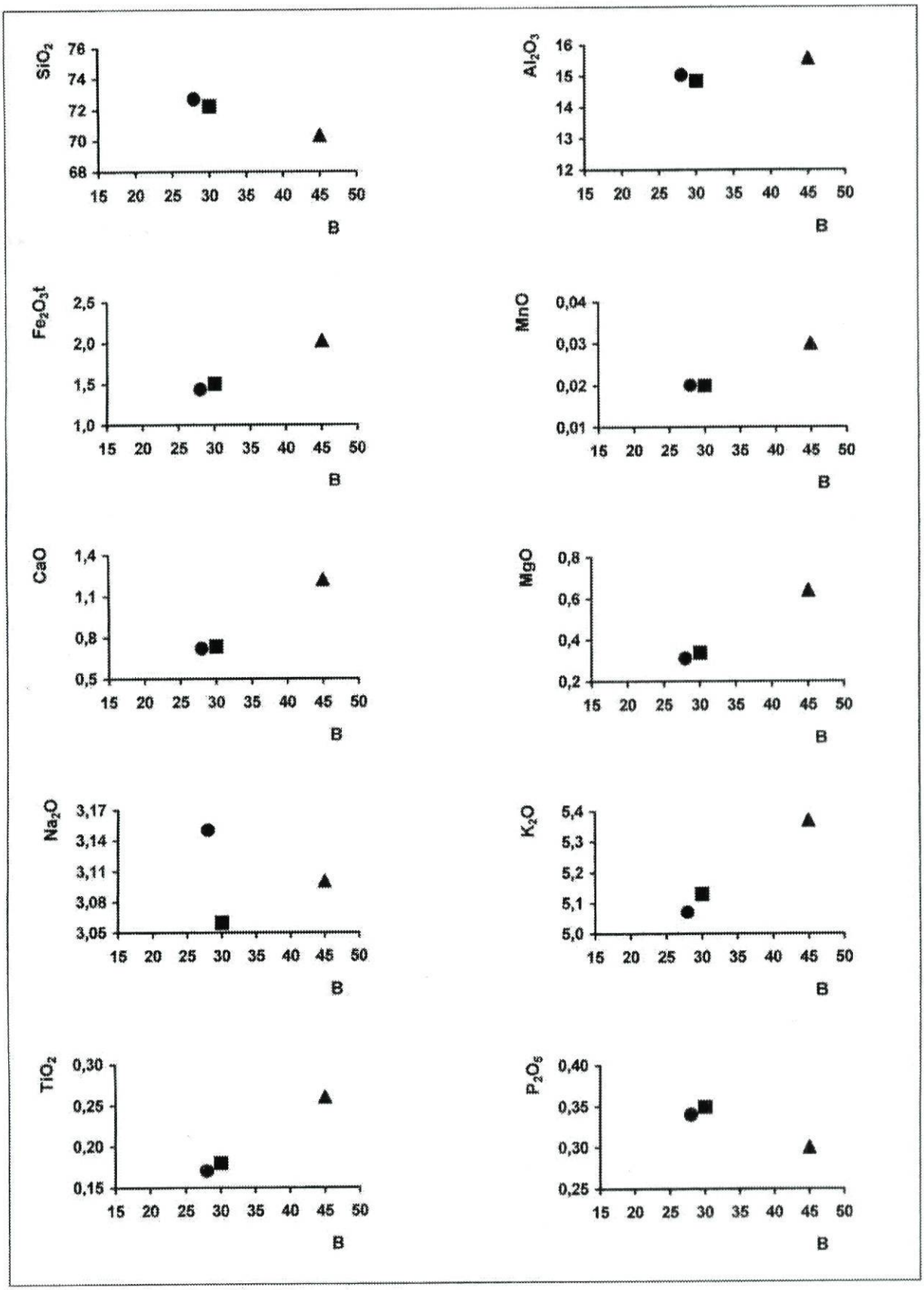


Fig. 20- Variação de óxidos (% em peso) com o parâmetro B = Fe + Mg + Ti, ilustrado para as três amostras representativas de cada grupo de granitos estudados. ■ FV_1 – Granito da pedreira de Santo Adrião; ▲ FV_2 - Granito de Fonte Colaço / Medronheiro; ● FV_3 - Granito de Caçarelhos.

Parâmetros Químicos Calculados

Amostra	FV1	FV2	FV3
	Percentagens	**Ponderais**	
$Na_2O + K_2O$	8,19	8,47	8,22
$K_2O/(Na_2O + K_2O)$	0,63	0,63	0,62
	Razões	**Molares**	
$Al_2O_3/(Na_2O+K_20+CaO)$	1,36	1,15	1,36

Quadro IV- Cálculos de diversos parâmetros químicos.

A razão molar A / (KCN) = Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O), referenciada por alguns autores como ISA (Índice de Saturação em Alumina), tem sido usada por diversos autores para classificar os granitóides quanto à sua aluminosidade (GOMES, 1996).

Os granitos em estudo incluem-se no grupo dos granitos de duas micas da Zona Norte de Portugal, sin tectónicos relativamente à fase D_3 da deformação Hercínica (NORONHA *et al.*, 1979), sendo considerados como peraluminosos à semelhança de outros granitos da Zona Centro Ibérica estudados por outros autores, nomeadamente FERREIRA *et al.* (1987), NEIVA (1983,1994), DIAS (1987), ALMEIDA (1994), BEETSAMA (1995), entre muitos outros.

As análises químicas da rocha sã dos granitos em estudo comprovam esse carácter peraluminoso, estando a razão molar A/(KCN) dentro dos valores 1,36; 1,15; 1,36, ou seja são superiores a 1,1 valor de referência de acordo com a classificação de SHAND (1947). Estes valores são idênticos aos apresentados por diversos autores (ALMEIDA (1994), BEETSAMA (1995), NEIVA (1983), NEIVA & GOMES (1991), entre outros) em granitos de duas micas no Norte de Portugal.

Mais recentemente BEA *et al.* (1987), dentro dos granitóides do Maciço Hespérico com teores médios em sílica (SiO_2) > 62%, distinguiram várias séries:

- Séries subaluminosas, com valores de A / (KCN) < 1,06;
- Séries aluminosas, com valores de A / (KCN) > 1,06, dentro destas separaram ainda as:
  - Moderadamente aluminosas (1,15<A/KCN>1,06);
  - Muito aluminosas (A/KCN>1,15).

De acordo com esta classificação as amostras em estudo (FV1, FV2, FV3), são consideradas muito aluminosas, dado os valores das razões molares A / KCN serem superiores a 1,15, respectivamente 1,36; 1,15;1,36, apesar da amostra FV2 estar no limite de ser considerada, segundo esta classificação, moderadamente aluminosa – muito aluminosa..

BEETSAMA (1995) refere, ainda, que os granitos de duas micas e os leucogranitos sin D_3 de vários maciços da Zona Norte de Portugal e da Zona Centro Ibérica, apresentam um carácter fortemente aluminoso.

As amostras em estudo, pela sua análise petrografica e química, revelaram ser granitos de duas micas, apresentando valores elevados de SiO_2 e álcalis, baixos teores de CaO e teores relativamente elevados de P_2O_5 (Quadro III). A elevada razão A/KCN (Quadro IV) permite incluir os granitos em estudo no grupo dos granitos peraluminosos.

b) Geoquímica dos Minerais

MICAS

É imensa a literatura existente relativamente às micas. Neste trabalho faremos uma breve abordagem das suas principais características.

São minerais cuja estrutura é em folha, sendo a unidade caracterizada por: uma camada de catiões dispostos nos vértices de octaedros com coordenação 6, (camada 0), uma camada de catiões com estrutura tetraédrica de coordenação 4 dispostos em cada lado da camada octaédrica (camada t) e catiões ligando cada folha, sendo desta forma assegurada a coesão da sua estrutura. Iões hidroxilo adicionais juntamente com o Oxigénio ocorrem nos vértices dos tetraedros, apontando para o interior de cada folha (ALMEIDA, 1994).

A fórmula geral da composição química das micas é: $X_2\ Y_{4-6}\ (Z_8\ O_{20})\ (OH, F, Cl)_4$.

A posição X é ocupada pelos iões K, Na e Ca, podendo ter afinidades com outros elementos como Ba, Rb, Cs. Aos iões desta posição dá-se o nome de iões interfoliares, dado serem os iões que ligam as folhas t-0-t, umas às outras.

Y é principalmente constituído por Al (Al^{VI}, em posição octaédrica), Mg, Fe e ainda por Mn, Cr, Ti, Li, etc., são iões que ocupam a posição octaédrica. Consoante o valor de Y é 4 ou 6, estas denominam-se, respectivamente de dioctaédricas (ex. moscovite) ou trioctaédricas (ex. biotite).

Z é essencialmente Si e/ou Al (Al^{IV}, em coordenação tetraédrica), incluindo por vezes Fe^{3+} e Ti, estes iões aparecem na posição tetraédrica.

BIOTIE (mica trioctaédrica)

Para explicar a ocorrência da biotite num maior número de rochas do que a moscovite parece estar o facto desta ser mais estável no domínio das altas temperaturas (ALMEIDA, 1994).

DEER *et al.* (1976) propuseram a seguinte fórmula estrutural para a biotite:

$K_2\ (Fe^{2+}, Mg)_{6-4}\ (Fe^{3+}, Al, Ti)_{0-2}\ (Si_{6-5}, Al_{2-3})\ O_{20-22}\ (OH,F)_{4-2}$.

Biotites dos granitos estudados

No quadro 1 do anexo 1 encontra-se a composição química e as fórmulas estruturais calculadas com base em 22 átomos de oxigénio, das biotites estudadas.

Tentou escolher-se pontos de biotites sãs em cada cristal para a análise química na microssonda electrónica, tendo-se recorrido a estudos petrográficos prévios.

Dos pontos analisados e após se terem efectuado os diversos cálculos pode dizer-se o seguinte:

- Relativamente à amostra 1 (FV1 – Gr. próximo de Santo Adrião) predomina essencialmente a biotite ferrífera;

- Na amostra 2 (FV2 – Gr. de Fonte Colaço/Medronheiro) as biotites analisadas são mais magnesianas que as da amostra 1.

- A amostra 3 (FV3 – Gr. de Caçarelhos) não revela existência de biotite, presume-se que já foi cloritizada.

Dos cálculos efectuados para encontrar as fórmulas estruturais da biotite verifica-se que estes estão de acordo com o esperado em função da fórmula estrutural das micas trioctaédricas, em que X é aproximadamente 2 em todos os pontos analisados, Y aproxima-se de 6 e Z é sempre 8.

MOSCOVITE (mica dioctaédrica)

É a mais comum e ocorre num largo espectro de condições geológicas. Devido aos elevados teores em Al a sua estabilidade é limitada (ALMEIDA, 1994).

YODER & EUGSTER (1955) consideraram que os granitos com moscovite estão associados à coexistência de dois feldspatos (potássico e plagioclase) em fases distintas. Estes minerais, tal como a biotite, são dos mais vulneráveis relativamente às alterações tardi- e pós- magmáticas, nomeadamente na sua parcial alteração em moscovite.

A presença de moscovite primária num granito é sinal de uma peraluminosidade do magma inicial, que é traduzida pela razão molar A/KCN superior a 1.1.

Moscovites dos granitos estudados

Para cada grupo de granitos (FV1, FV2 e FV3) efectuaram-se análises químicas na microsssonda electrónica, cujos pontos estudados incidiram em locais pré-definidos com base em critérios petrográficos.

Os resultados das análises químicas na microssonda e os cálculos das respectivas fórmulas estruturais, que foram feitos com base em 22 átomos de oxigénio, encontram-se expressos no quadro 2 do anexo 1.

Os cálculos da fórmula estrutural para cada ponto estudado estão de acordo com o esperado segundo a respectiva fórmula geral das micas dioctaédricas, estando o X sempre muito próximo de 2, o Y apresenta valores aproximados a 4 e o Z é sempre 8.

Projectando no diagrama triangular de Ti-Mg-Na de MILLER *et al.* (1981) proporções atómicas, amostras seleccionadas de micas brancas primárias, obtém-se uma distribuição que não está totalmente de acordo com a que aqueles autores propuseram para distinguir micas de origem primária das de origem secundária. As dificuldades em separar perfeitamente estes dois tipos de

micas poderão estar relacionadas, principalmente, com as limitações no estabelecimento de critérios texturais e com o facto de aqueles autores terem considerado micas secundárias, essencialmente, as que resultaram da moscovitização de feldspatos e também subsequentes reequilíbrios tardimagmáticos da moscovite primária. Os autores referem, ainda, que são várias as características composicionais que distinguem as moscovites texturalmente consideradas primárias das secundárias. A maior parte das micas texturalmente primárias são consideravelmente mais ricas em Ti, Al e Na, e mais pobres em Mg e Si que as secundárias.

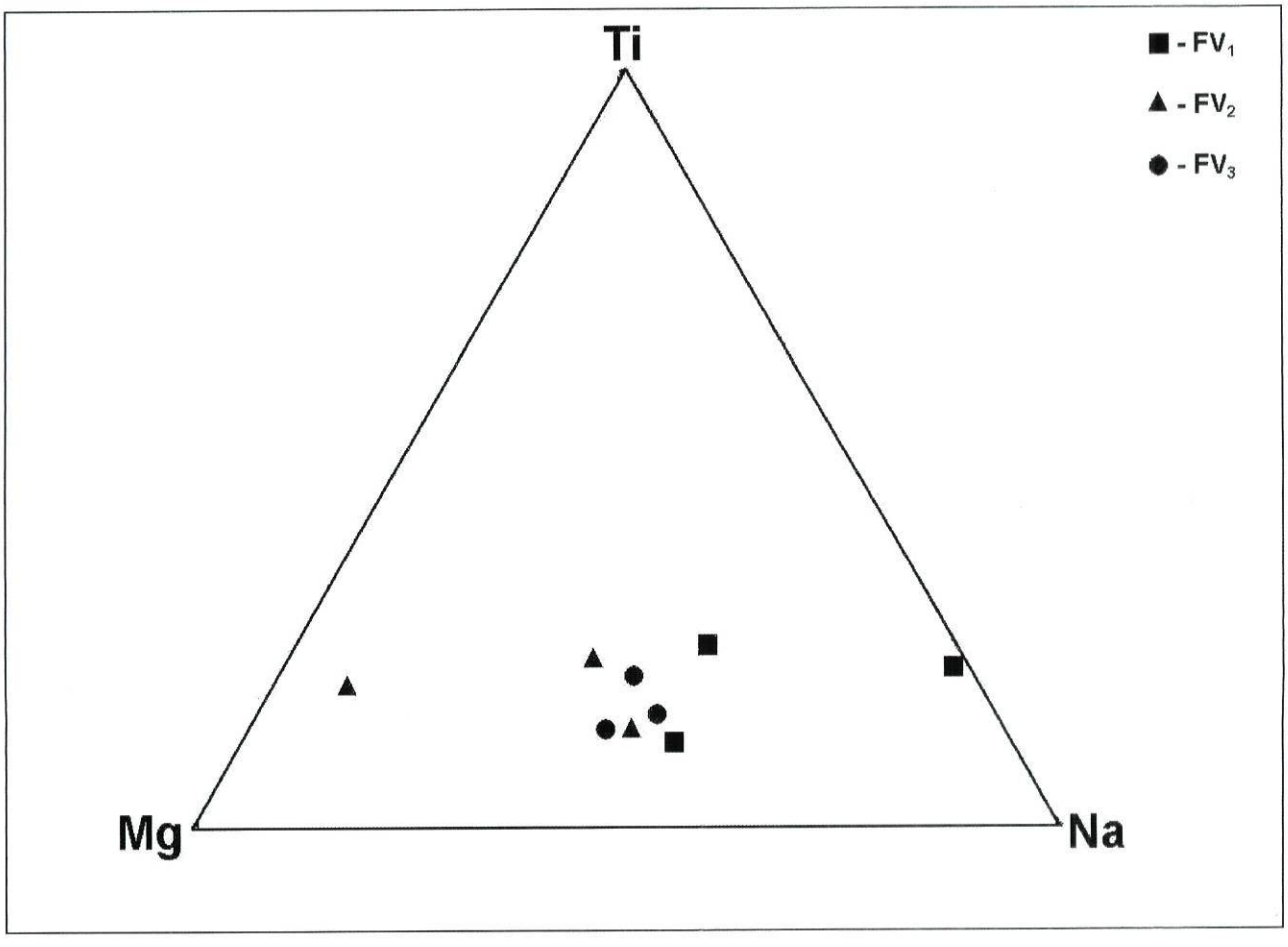


Fig. nº 21- Projecção das moscovites no diagrama triangular Ti-Mg-Na de MILLER *et al.* (1981).

Dos pontos projectados para as três amostras de granitos estudados pode-se dizer que as moscovites analisadas são primárias, pois possuem valores de Ti superiores a 10% e localizam-se no campo mais próximo do Na do que do Mg, excepto um ponto da amostra FV-2, que se localiza no campo mais próximo do Mg, este ponto pode ser o resultado de alguma alteração de um outro mineral em moscovite (provavelmente a biotite, mineral ferromagnesiano).

Foram poucos os pontos analisados em cada amostra, mas tendo em conta os aspectos texturais, que foram inicialmente os que estiveram na base da seleccão, estes pontos devem corresponder a micas brancas primárias. Os aspectos texturais são (SPEER, 1984):

- dimensões dos cristais comparáveis aos de outros minerais magmáticos
- contornos bem nítidos
- forma subeuédrica a anédrica
- ausência de texturas de reacção com outros minerais.

Além dos aspectos texturais, segundo o mesmo autor, há ainda a considerar:

Quimismo

- teor elevado em Ti e, dependendo do enquadramento, diferenças sistemáticas em Mg, Fe, Na, Al, Si e H_2O
- distribuição em equilíbrio dos elementos entre a moscovite e os outros minerais magmáticos, e.g., Na, K, Rb, (ALBUQUERQUE, 1973).

Associação mineral

- deverá no seu conjunto dar indicações de uma composição peraluminosa do magma.

FELDSPATOS

A fórmula estrutural dos feldspatos é calculada com base em 32 átomos de oxigénio, representada por $X_4 Z_{16}$, sendo o X normalmente ocupado por Na, Ca e K e o Z correspondendo aos restantes átomos (Si, Al, Ti, Fe (t), Mn, Mg e P).

FELDSPATO K

No quadro 3 do anexo 1, encontram-se os valores das análises químicas à microssonda electrónica das três amostras em estudo (FV1, FV2 e FV3), bem como as fórmulas estruturais calculadas.

Os resultados obtidos do cálculo das fórmulas estruturais estão de acordo com o esperado de acordo com a fórmula geral do feldspato potássico, indicando a existência de feldapatos K, provavelmente correspondentes a ortóclase e microclina.

PLAGIOCLASE

Os resultados dos cálculos efectuados para obter as fórmulas estruturais das plagioclases com base nas análises químicas à microssonda electrónica, estão expressos no quadro 4 do anexo 1. Destes resultados, que estão de acordo com o esperado, pode dizer-se que:

- na amostra 1 (FV1) existem plagioclases sódicas (albite) e sódico-cálcicas (oligoclase);

- na amostra 2 (FV2) parece predominar a plagioclase sódica (albite), embora também se tenham analisado plagioclases sódico-cálcicas (oligoclase, oligoclase-andesina ou vice-versa), é de salientar que a oligoclase é mais sódica que a andesina que é ligeiramente mais cálcica, embora ainda se encontre dentro dos valores das plagioclases sódico-cálcicas.

É de salientar que os pontos 3 e 4 , não deram exactamente os valores de X e Z esperados, talvez por se tratar de pontos analisados em pertites no interior do feldspato K, e pode ter havido alguma interferência nas próprias análises ou na escolha dos pontos analisados.

- na amostra 3 (FV3), os resultados obtidos nas fórmulas estruturais estavam de acordo com a fórmula geral, tendo-se detectado albite (plagioclase sódica) e oligoclase-andesina (plagioclase calco-sódica) (ou vice-versa), não foi analisado nenhum ponto com oligoclase (plagioclase sódico--cálcica).

CLORITE

A estrutura da clorite consiste em lâminas regularmente alternadas, na maior parte dos casos e resultando da alteração de outros minerais como a biotite.

A sua fórmula estrutural é calculada com base em 28 átomos de oxigénio, apresentando-se do seguinte modo: $(Mg, Al, Fe)_{12}$ $(Si, Al)_8$ O_{20} $(OH)_{16}$.

Os resultados obtidos, expressos no quadro 5 do anexo 1, estão de acordo com o esperado, e esta aparece essencialmente na amostra 3 (FV3) – granito de Caçarelhos, como alteração da biotite. Ocorre também alguma clorite na amostra 1 (FV1) – gr. próximo de Santo Adrião, resultando mais uma vez da alteração da biotite.

APATITE

A sua fórmula é Ca_5 (OH, F, Cl) $(PO_4)_3$, tratando-se de um fosfato de cálcio. A sua fórmula estrutural é calculada com base em 26 átomos de oxigénio, e o P deve dar o valor de 6.

Analisou-se um ponto de apatite no interior de uma biotite na amostra 2 (FV2) – gr. de Fonte Colaço/Medronheiro e os resultados obtidos estão de acordo com a fórmula geral. Estes resultados encontram-se no quadro 6 do anexo 1.

2.3.6.2- Rochas Carbonatadas

a) Geoquímica da Rocha Total

Três amostras FV4 (Mármore de S. Pedro da Silva), FV5 (Mármore de S^{to} Adrião) e FV6 (Calcário de S^{to} Adrião), foram sujeitas a análises químicas cujos resultados se encontram expressos no quadro III.

Da análise desses resultados podemos verificar que nas três amostras as perdas pela acção do calor (P. Rubro) são muito elevadas, respectivamente 42,94%; 43,21%, 47,91%, de substâncias que se perderam em princípio por evaporação.

Relativamente às amostras FV4 e FV5 podemos verificar que apresentam valores muito idênticos nas suas substâncias constituintes, sendo de salientar os valores muito baixos de sílica, alumínio, ferro, manganês, magnésio, sódio, potássio, titânio e fósforo, mas com valores muito elevados de cálcio o que leva a supor que estas amostras são essencialmente constituídas por calcite ($CaCO_3$), como já se verificou pela análise petrográfica.

A amostra FV6, também apresenta valores muito pouco significativos de sílica, alumínio, algum ferro (talvez devido aos óxidos de ferro), manganês, sódio, potássio, titânio e fósforo, apresentando valores mais significativos de cálcio (CaO) e Magnésio (MgO), o que nos indica que na sua mineralogia existe calcite ($CaCO_3$) e deverá existir dolomite ($CaMg(CO_3)_2$) ou magnesite ($MgCO_3$). O mais provável é o magnésio ser proveniente da dolomite, o que ao microscópio óptico foi difícil de comprovar, por diversas razões, uma das quais era a presença de uma matriz com grãos indistinguíveis.

Dos trabalhos já existentes na zona dos calcários, nomeadamente os de MANUPPELLA & MOREIRA (1990), foram realizadas análises químicas destas matérias primas, estando esses valores muito próximos dos obtidos pelas presentes análises químicas. Na maioria dos locais os valores em CaO andavam entre os 54-56%, sendo os valores dos restantes elementos quase irrelevantes. Na análise de uma das amostras os valores são idênticos aos da amostra FV6, em que o CaO e o MgO se encontram presentes em percentagens bastante consideráveis, entre os 20 – 30%, sendo os valores dos restantes elementos muito baixos e quase sem significado.

2.4- Breve Referência a outras Pedreiras Visitadas no Planalto

a) PEDREIRA DA BARRAGEM (MIRANDA DO DOURO)

Mesmo no seio da cidade de Miranda do Douro (a chamada zona nova da cidade, fora das antigas muralhas, onde o desenvolvimento urbanístico não tem fim, tal como o comércio, virado essencialmente para os nossos irmãos espanhóis), na zona voltada para o rio Douro e para a Barragem que liga Portugal ao país nosso vizinho, Espanha, é ainda visível uma pedreira que forneceu britas e "tout-venant" para construção da Barragem de Miranda.

As escarpas graníticas são belas, com algum impacte visual, onde curiosamente algumas aves locais vão nidificar (nos espaços que encontram apropriados para tal efeito).

Neste caso, a pedreira abandonada pode vir a ser classificada como local de interesse geológico (LIG) do Parque Natural do Douro Internacional, por apresentar várias fácies graníticas presentes no maciço de Ifanes. É portanto um local de interesse didáctico, científico e até paisagístico que importa preservar.

b) PEDREIRA DE VILA CHÃ DA BRACIOSA

Próximo da vila de Sendim, a uns Kms da aldeia de Vila Chã da Braciosa, encontra-se uma enorme pedreira de granitos que nas cartas geológicas às escalas 1:500 000 e 1:200 000, apresentam características semelhantes aos de Caçarelhos, apesar de a uma escala métrica possuírem características perfeitamente distintas e próprias do maciço local.

Esta pedreira é enorme, com várias cortas, e a níveis de cota diferentes, no nível mais baixo possui uma enorme lagoa cheia de água (insalubre e imprópria para qualquer actividade) (Foto n.º 38).



Foto n.º 38- Imagens onde se observa a enorme extensão da zona de exploração da pedreira de Vila Chã da Braciosa, com cortas a vários níveis de cota. Em cima: salienta-se a preocupação da sinalização. Em baixo: é visível a enorme lagoa que se formou.

O maciço encontra-se muito fracturado, uma vez que a técnica de desmonte é por tiro, o que fractura completamente todo o maciço, só podendo a rocha ser aproveitada para a transformação em

brita, inviabilizando qualquer outro tipo de utilidade para estes granitos, apesar de apresentarem óptimas características de cor, estado de conservação para outros fins.

Esta infra-estrutura possui duas zonas de transformação do granito em brita de diversos calibres. Em cada uma das zonas o número de máquinas é imenso, utilizando como é de deduzir diversos tipos de maquinaria da mais pesada a outras de menor calibre (Foto n.º 39).



Foto n.º 39- Zonas de transformação da rocha em brita de diversos calibres, são de salientar as poeiras que se produzem, bem visíveis na foto de baixo.

A brita aqui produzida tem diversos fins, principalmente a reparação de estradas.

Não será demais referir os enormes ruídos e poeiras produzidos no local, com as consequências que daí advêm.

Para terminar é de salientar que os trabalhadores usavam máscaras de protecção, pelo que se supõe que se cumpram regras de segurança que minimizem os acidentes de trabalho e tentem

preservar a saúde dos inúmeros operários que trabalham nesta exploração. Além deste ponto muito positivo também se observou a existência de tabuletas de aviso de Perigo.

Outros impacte são observáveis. No entanto seria demasiado extenso inumerá-los num ponto onde se pretende referir apenas os aspectos mais relevantes de outras pedreiras visitadas além das que foram exaustivamente estudadas.

c) PEDREIRA DE TÓ/VARIZ

Localiza-se numa zona desértica entre a povoação de Tó e a de Variz, também, num maciço, com características idênticas ao de Caçarelhos, nas cartas geológicas 1:500 000 e 1:200 000, mas a escalas locais, verifica-se que possui características muito próprias.

É uma pedreira de dimensões pequenas, apenas com uma frente de exploração, usam o tiro para o desbravamento da rocha, pelo que o maciço se encontra muito fracturado. Em algumas zonas superficiais observa-se alguma episienitização, e o maciço do que é dado a observar, está bastante alterado (Foto n.º 40).



Foto n.º 40- Zona de extracção da pedreira de Tó/Variz.

Também nesta pedreira se retira o granito, para transformar em brita de diversos calibres. A zona de transformação tem pouca maquinaria, usando-se alguma maquinaria pesada (Foto n.º 41).

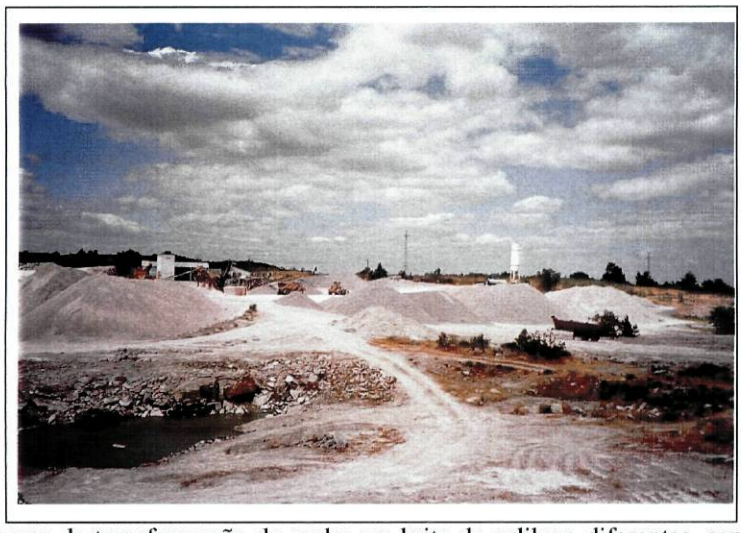


Foto n.º 41- Aspecto da zona de transformação da rocha em brita de calibres diferentes, sendo visível a formação de uma pequena lagoa.

Os impactes mais notórios, a nível ambiental, parecem ser o ruído e a emanação de poeiras. Os poucos funcionários que trabalham no local não usam qualquer equipamento de protecção, pelo que os riscos para a sua saúde são extremamente agravados.

Muitas outras pedreiras devem existir no Planalto mas devido à sua extensão, a sua cartografia e descrição, tornar-se-ia muito longa para o trabalho que se pretende realizar.

Apesar de toda a análise feita relativamente às pedreiras, não devemos esquecer a importância das matérias primas que delas se extraem, que muito contribuem para a riqueza do país. Não esquecendo, também, que são a base do sustento de diversas famílias da região (e não só).

Estes assuntos exigem uma reflexão muito criteriosa e séria. No entanto se forem encontradas soluções de equilíbrio entre exploração dos recursos naturais e a preservação do ambiente, está-se a contribuir para o bem estar das populações locais, pela criação de empregos directos e indirectos e proporcionando o desenvolvimento das regiões, sem que isso leve à degradação das condições de vida das gerações presentes ou futuras

Não será demais referir, ainda, que sem estas matérias primas não existiam a maioria das infra-estruturas da sociedade actual, como exemplos pode referir-se que para construir 100 Km de auto-estrada se gastam cerca de três milhões de toneladas de toneladas de inertes (LEITE, 1999); uma escola ou um hospital em média necessitam cerca de 10 000 toneladas de matérias primas. E de onde provém todo este material? Necessariamente terá que ser na sua maioria das pedreiras, sejam elas de granito, calcário, mármore ou tantos outros tipos de rochas que se exploram no nosso país quer para fins industriais ou ornamentais.

2.5- Pesquisa sobre a Utilização destas Rochas na Região

Desde tempos muito antigos que as rochas têm tido uma aplicação com diversos fins na região em estudo.

Começando pela zona mais próxima da Pedreira de Caçarelhos, temos a aldeia de Vilar Seco com um espólio de fachadas de casas antigas onde o predomínio do granito é uma constante (ou como alvenaria ou como cantaria), até aos monumentos locais mais típicos e característicos. Inclusive há quem lhe chame a terra dos granitos.

Caçarelhos também exibe casas e monumentos antigos construídos com base no granito, de salientar o espectacular cruzeiro, de uma beleza rara. Também nesta aldeia mais recentemente são observáveis casas cuja construção predominante é à base de granito.

Na vila de Vimioso, temos uma variedade enorme, começando pelo edifício da Câmara Municipal (Foto n.º 42), a Igreja Matriz de construção muito antiga em granito (Foto n.º 43), o pelourinho (cruzeiro) (Foto n.º 44), casas senhoriais e brasonadas (Foto n.º 45), o tribunal, as casas dos magistrados, o centro de saúde, a antiga escola primária, a escola do 1ºciclo actual, casas mais recentes de particulares cujas fachadas são em granito (Foto n.º 46), passando à recente construção do edifício da Caixa Geral de Depósitos Foto n.º 47)com placagens de granito no exterior e todo o interior, pavimento do chão e balcões, isto para já não falar nas lápides do cemitério. É importante referir que grande parte do granito usado nas lápides provém de outras regiões.



Foto n.º 42- Fachada principal da Câmara Municipal de Vimioso, com alvenaria e cantarias em granito, passeios em calcário e rua com paralelos de granito.



Foto n.º 43- Igreja matriz de Vimioso, construção muito antiga em alvenaria e cantaria.



Foto n.º 44- Diferentes aspectos de uma zona central de Vimioso: antigo cruzeiro em granito, calcetamento em calcário, fachada da antiga escola primária (ao fundo) em cantaria e alvenaria, ruas calcetadas com paralelos em granito.

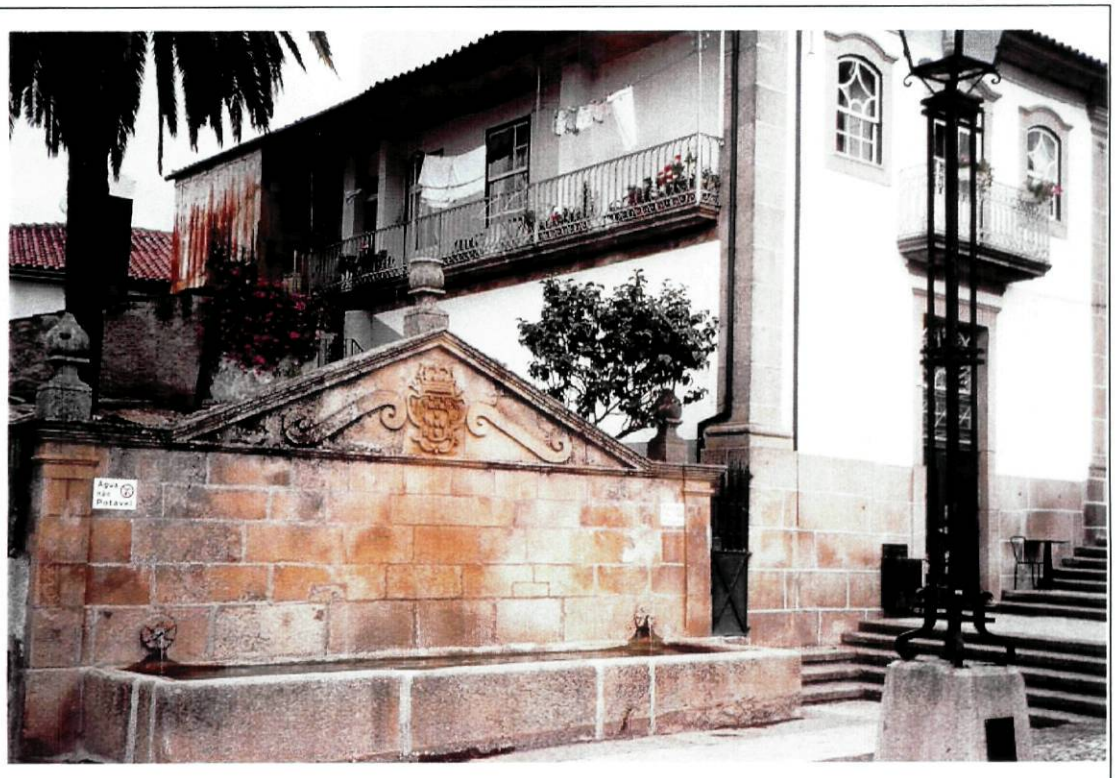




Foto n.º 45- Casas antigas brasonadas com fachadas e muros em alvenaria e cantaria, bem como o fontanário.



Foto n.º 46- Construções de casas mais ou menos recentes em cantaria (Em cima: Caçarelhos. Em baixo: Vimioso).



Foto n.º 47- Fachada recente da Caixa Geral de Depósitos de Vimioso com placagens e ladeamentos das janelas em granito.

Na pavimentação dos passeios foi utilizado granito sob a forma de paralelepípedos de dimensões diversas, tal como em algumas ruas e calçadas. A delimitar os passeios também se observam guias graníticas com uma forma alongada (Foto n.º 48).



Foto n.º 48- Pormenor de uma rua calcetada com paralelos ao lado de um passeio com paralelos menores e separados por guias alongadas, tudo em granito.

Na agricultura vê-se o granito a murar as propriedades (Foto n.º 49), ou como esteios nas vinhas.

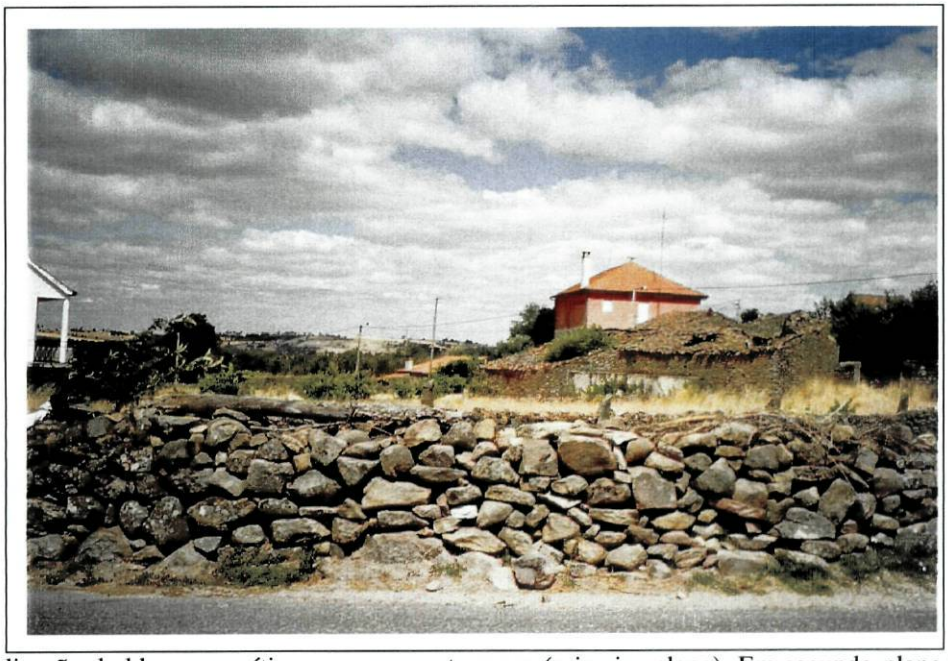


Foto n.º 49- Aplicação de blocos graníticos a murar os terrenos (primeiro plano). Em segundo plano habitações algo degradadas também em granito (Vila Chã da Braciosa – Sendim)

Relativamente ao mármore é muito usado nas casas particulares para pavimentar o chão e no fabrico dos balcões das cozinhas. Também se encontra em muitas lápides no cemitério local.

O calcário pode ser encontrado a pavimentar a praça central da vila de Vimioso e noutros locais.

Em muitos outros locais da região, tanto em edifícios públicos como privados, e com as mais diversas, utilizações encontram-se quer granitos, quer mármores, quer calcários. Seria aqui tarefa quase impossível inumerar todas essas aplicações, destacando-se pela sua importância histórica, arquitectónica e até religiosa a Sé Catedral de Miranda do Douro.

2.6- ELABORAÇÃO DE UM GUIA PARA PROFESSORES COM UM ITINERÁRIO DE VISITA DE ESTUDO

FORMAÇÃO DE PROFESSORES

ITINERÁRIO PARA VISITA DE ESTUDO NA REGIÃO

DE

VIMIOSO

AS ROCHAS, O SEU CICLO, A SUA EXTRACÇÃO

GUIA REALIZADO POR:

MARIA DE FÁTIMA VARA RODRIGUES

PORTO 2002

INTRODUÇÃO

Considerou-se interessante realizar um itinerário para professores, uma vez que a sua formação pessoal nas áreas em estudo (rochas e ambiente), em função dos anos a leccionar, nomeadamente em Ciências Naturais de 7º ano, Ciências da Terra e da Vida 10º e 11º anos, na Geologia do 12º ano, bem como nalgumas temáticas da área da Geografia, dos actuais programas e currículos e nas actividades do momento, deve ser permanente e constante.

Numa fase posterior os professores poderão adaptar este itinerário para os seus alunos, proporcionando-lhes actividades práticas e situações problemáticas fora da sala de aula e no terreno. É de alertar que quando usado este itinerário, para alunos numa visita de estudo, deve haver a preocupação de fazer uma preparação prévia, e posteriormente devem ser analisadas, discutidas e esclarecidas todas as actividades realizadas.

Seleccionou-se esta zona por possuir uma riqueza muito grande de rochas dos três grandes grupos (ígneas, sedimentares e metamóficas), onde se podem observar as suas características e alguns aspectos de transformação de umas rochas noutras, que leva ao ciclo das rochas. Também se considerou o facto de se fazer a sua exploração em alguns locais, interessantes para observar aspectos de índole petrológica, mineralógica, estrutural e ambiental. A nível ambiental, HERRERO *et al* (2000), neste tipo de actividades, aulas (saídas) de campo, visitas de estudo, definem alguns objectivos gerais, tais como:

- adquirir capacidades de reconhecer, analisar e explicar as causas e consequências dos problemas ambientais, do funcionamento do sistema meio-ambiental e de compreender o conceito de sustentabilidade, numa óptica sistémica;
- propor modelos verbais que incluam diagramas causais sobre as interacções Homem-Meio, realizando investigações capazes de os contrastar, e propor medidas de uma cultura de sustentabilidade destinadas a minorar os problemas ambientais;
- adquirir capacidade crítica e atitudes em defesa do meio ambiente.

A propósito da exploração de recursos naturais, LUZÓN *et al* (1998a), referem que a sua utilização para um determinado fim requer uma avaliação prévia das reservas que existem, ou seja, conhecer a quantidade disponível desse recurso. Mas a exploração não deve estar somente condicionada pelas reservas existentes, mas também pela interacção que se vai gerar entre a exploração propriamente dita e o meio ambiente, sobretudo nas respostas dadas a este último aspecto.

Assim, tendo em conta os currículos das Ciências da Terra e o Meio Ambiente, podem abordar-se estes assuntos mediante trabalhos práticos e até de carácter multidisciplinar, proporcionando aos professores, numa primeira fase, e estes posteriormente aos seus alunos, o contacto directo com as problemáticas.

A problemática ambiental centra-se nas interacções Homem-meio. A geologia é uma das disciplinas que possui conceitos e procedimentos para a compreensão do meio sócio-natural (AGUAYO & PRIETO, 1994).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ROCHAS E O SEU CICLO

Ao longo da história, o Homem tem utilizado os bens naturais para satisfazer as suas necessidades. Bens que provêm da natureza e que servem para o abastecer, sendo conhecidos como recursos naturais, que em geral são muito escassos e valiosos. Classificam-se em renováveis (ex. energia solar, energia eólica), e não renováveis (ex. rochas, minerais, combustíveis fósseis), em função da sua recuperação, apesar do consumo se produzir a um ritmo relativamente rápido ou lento em relação à vida do Homem.

Os constituintes sólidos da crusta têm o nome de *ROCHAS.* Estas são constituídas por elementos distintos, com propriedades físico-químicas particulares a que se chama *Minerais.*

É possível encontrar uma grande diversidade de rochas que se agrupam em três tipos distintos, consoante a sua génese: **ígneas, sedimentares e metamórficas.**

O nosso planeta está em contínua actividade sob a acção dos agentes geológicos internos e externos que provocam transformações nas propriedades das rochas.

É importante fazer um estudo separado de cada um dos tipos de rochas, mas é igualmente pertinente compreender a relação que existe entre elas, constituindo o chamado **Ciclo das Rochas**, no qual se transformam umas nas outras, sendo sempre recuperados os materiais que as compõem.

O modelo do ciclo das rochas explica como todas as rochas podem ser formadas, transformadas, destruídas e reformadas, resultando de factores ambientais e processos naturais que as afectam, quer no interior, quer no exterior do planeta.

Foi há mais de 200 anos que JAMES HUTTON, partindo da ideia de que a terra é um sistema dinâmico, propôs o modelo do ciclo das rochas, esquematicamente representado na figura1:

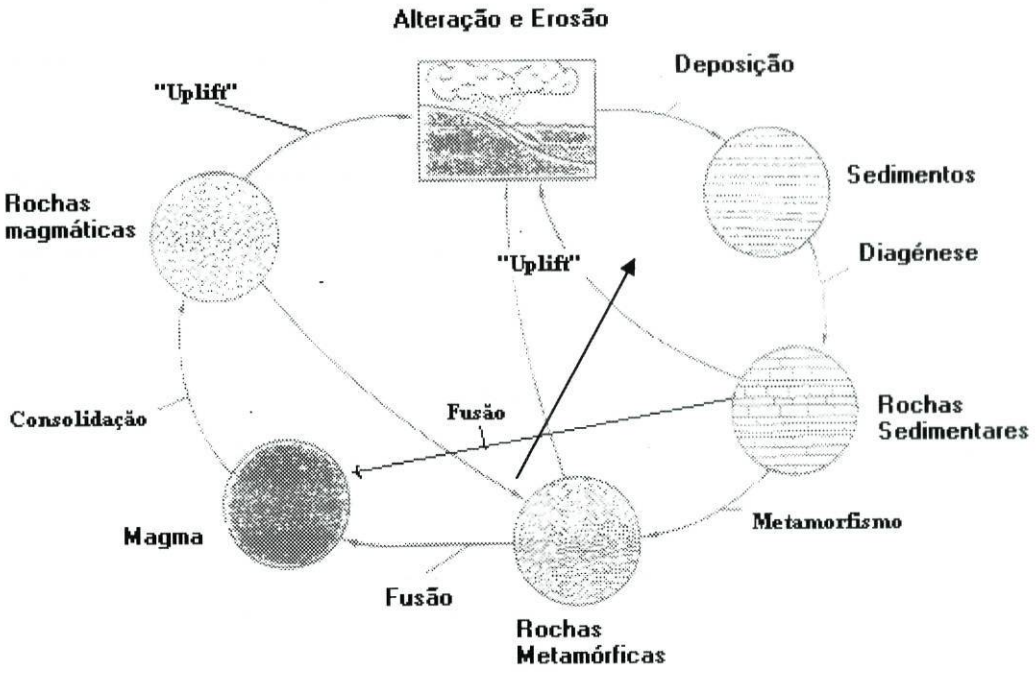


Fig.1- Representação esquemática do Ciclo das Rochas.

No esquema da figura é bem visível a relação e inter-relação existentes entre os três grupos de rochas verificando-se a transformação constante umas nas outras, sugerindo que as rochas da Terra podem ser recicladas vezes sem conta.

As **rochas ígneas ou magmáticas**, são as que resultam directamente da solidificação do magma, que pode ocorrer no interior formando as **rochas ígneas plutónicas** e que ascendem à superfície devido aos movimentos do planeta, ou quando a solidificação se dá à superfície origina as **rochas ígneas vulcânicas.**

As rochas sedimentares formam-se à superfície da crusta a partir de rochas e matérias pré-existentes, ou por precipitação química ou por actividade dos seres vivos. As rochas à superfície estão sujeitas aos agentes externos que provocam a sua erosão, os materiais que daí resultam acabam por ser transportados, depositados em bacias, podendo sofrer uma série de processos de diagénese, que os compacta e transforma em rochas sedimentares, cuja característica mais típica é a sua disposição estratificada.

As rochas metamórficas evoluem a partir de outras rochas pré-existentes devido à acção dos agentes de metamorfismo (calor, pressão, fluídos e tempo); é de notar que estas transformações ocorrem sem mudanças de estado físico dos materiais.

Se durante as transformações das rochas inicialmente existentes, as condições proporcionarem a fusão dos materiais, origina-se o magma que por solidificação forma rochas

magmáticas, e o ciclo repete-se, estando assim os materiais do nosso planeta em constante e contínua reciclagem.

MAPA DO PERCURSO E PARAGENS

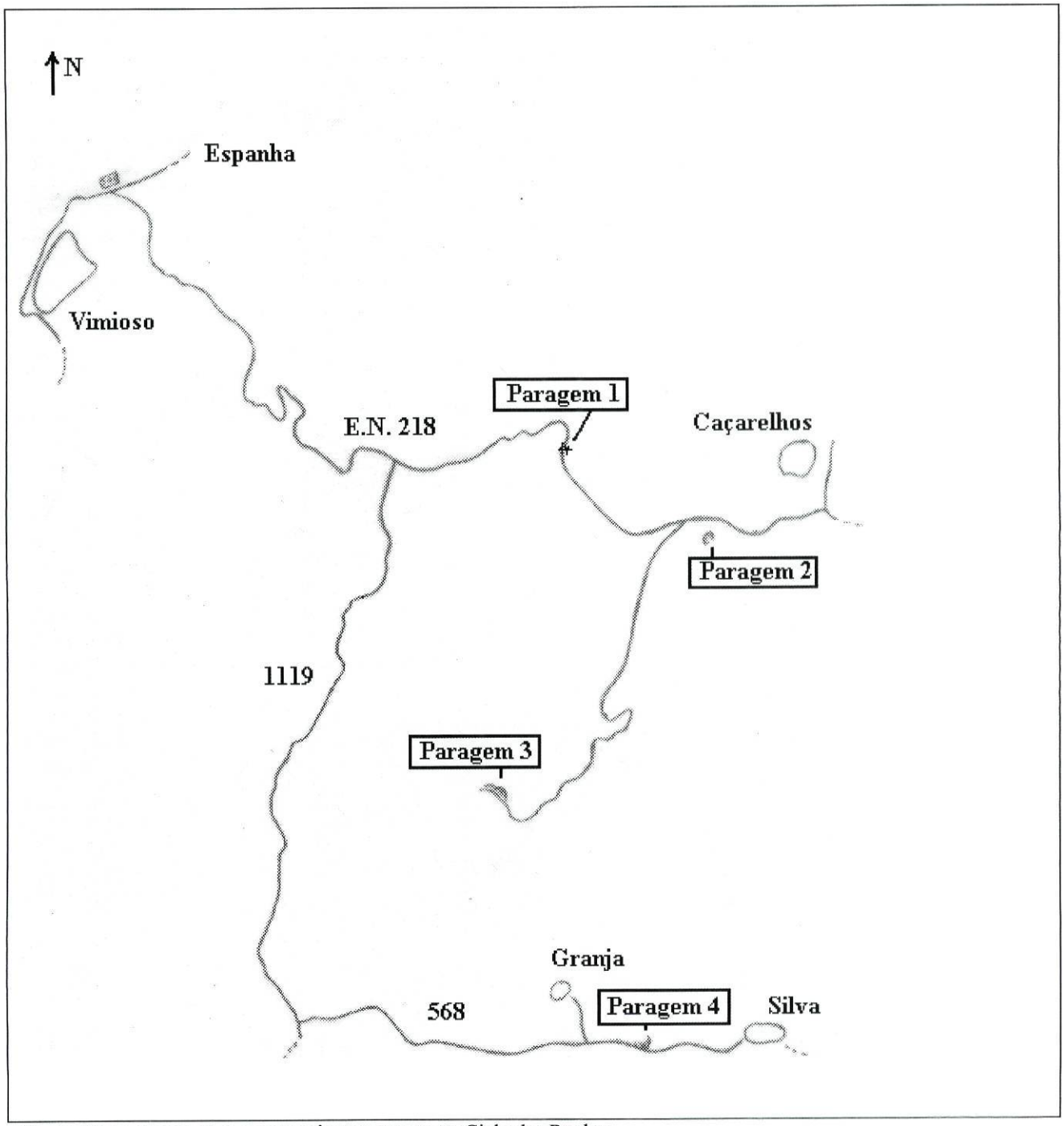


Fig. 2- Mapa do percurso e respectivas paragens no Ciclo das Rochas.
(Mapa construído a partir das Cartas Militares de Portugal n.º 80 (Algoso- Vimioso) e n.º 66 (Vimioso), à escala 1:25 000, sendo reduzido para a escala 1: 62 500)

PARAGENS NO CICLO DAS ROCHAS

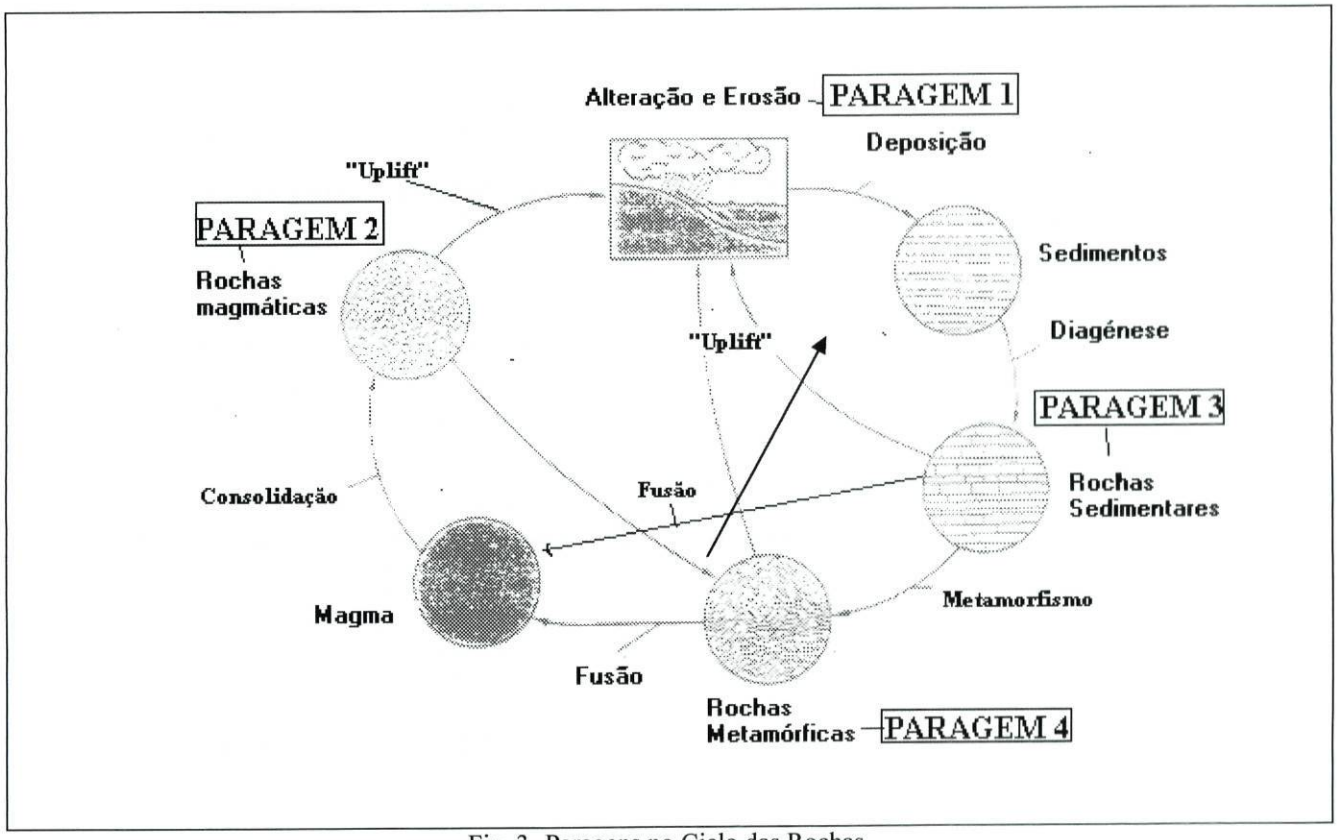


Fig. 3- Paragens no Ciclo das Rochas.

1- ROCHAS MAGMÁTICAS OU ÍGNEAS

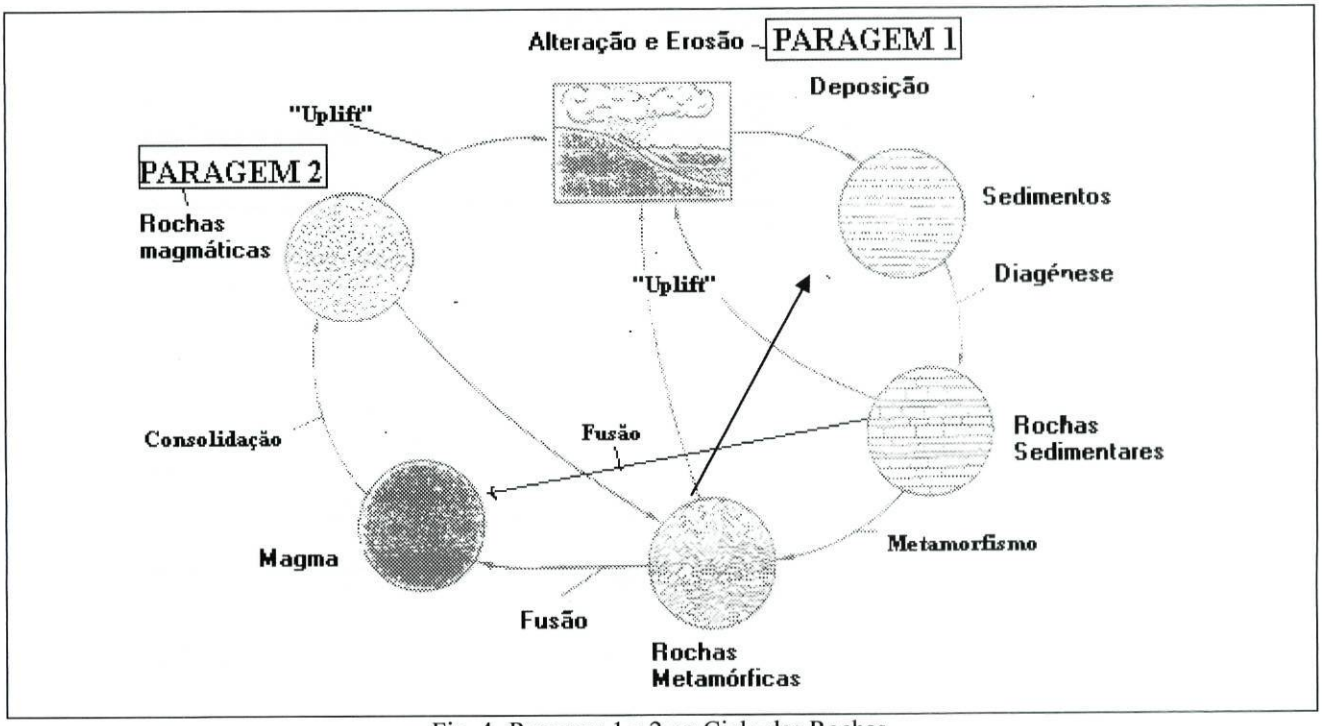


Fig. 4- Paragens 1 e 2 no Ciclo das Rochas.

PARAGEM 1

LOCALIZAÇÃO: Cerca do Km 66 na estrada nacional 218, entre Vimioso e Caçarelhos.

OBSERVAÇÕES: Caos de blocos.

DESCRIÇÂO: Paragem à face da estrada , permitindo observar de ambos os lados uma série de rochas arredondadas (CAOS DE BLOCOS), no meio de alguma vegetação que tenta irromper pelo solo que se vai acumulando entre os blocos. Estas rochas fazem parte do maciço granítico de Caçarelhos.

ACTIVIDADES:

- Que tipo de rocha (ígnea, sedimentar, metamórfica) constitui esses blocos?
- Descreva o aspecto da rocha?
- De que rocha se trata?
- Porque é que os blocos estão arredondados?
- Que factores terão levado à formação dessas bolas arredondadas?
- Tente fazer uma descrição dos processos que a rocha sofreu desde a sua formação até ao seu actual aspecto.

PARAGEM 2

LOCALIZAÇÃO: Antes de chegar a Caçarelhos, a cerca de 300 m da estrada nacional 218, entre o Km 65 e o Km 66.

OBSERVAÇÕES: Maciço granítico de Caçarelhos – Pedreira.

DESCRIÇÃO: Pode ser observada a extracção e alguma transformação de blocos de rocha, pertencentes ao maciço de Caçarelhos.

ACTIVIDADES:

- Que rochas estão a ser extraídas nesta pedreira?
- Qual a cor destas rochas?
- Qual a sua textura?
- Que minerais lhe parece que constituem esta rocha?
- Relativamente à sua extracção:
  - Qual a técnica de desmonte?
  - Para que fins é extraída esta rocha?
  - Que tipo de transformação sofrem os blocos no local?
  - Existem escombreiras de desperdícios?
  - Que tipo de equipamento é utilizado nesta pedreira? Qual é o seu objectivo?
  - Os trabalhadores estão a cumprir regras de segurança e higiene no trabalho?
- Existem habitações ou prédios próximos do local?
- Em termos ambientais refira:
  - Dois aspectos de impacte negativo provocado por esta exploração.
  - Dois aspectos positivos desta pedreira.

2- ROCHAS SEDIMENTARES

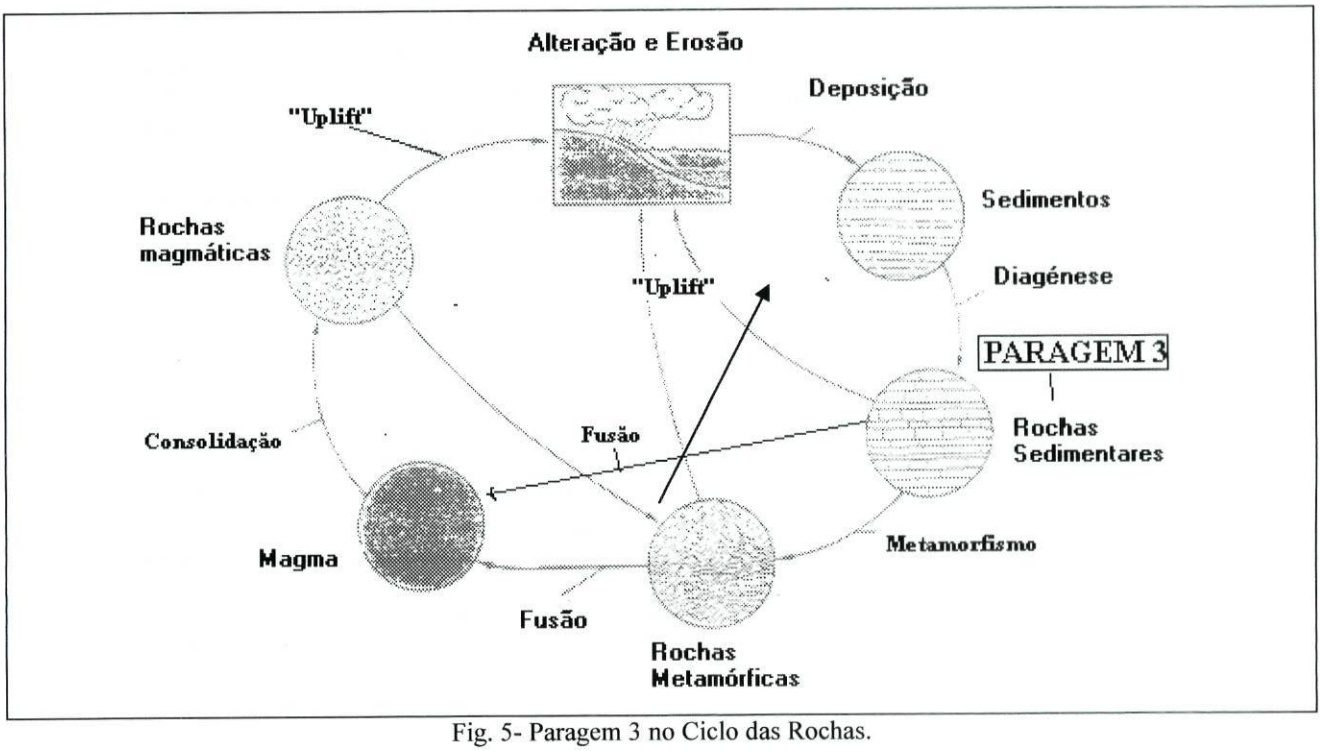


Fig. 5- Paragem 3 no Ciclo das Rochas.

PARAGEM 3

LOCALIZAÇÃO: Entre o Km 65 e o Km 66 da estrada nacional 218, virar à direita (quem vai no sentido Vimioso – Caçarelhos), para um caminho rural, e a cerca de 4 Km localiza-se a paragem 3.

OBSERVAÇÕES: Calcários e grutas calcárias - Pedreira.

DESCRIÇÃO: Nesta paragem é possível observar os calcários de Santo Adrião de idade Silúrica, possuindo microfósseis, é também possível observar algumas grutas calcárias.

ACTIVIDADES:

- Que tipo de rochas (ígneas, sedimentares, metamórficas) existem neste local?
- Que nome específico possuem as rochas deste local?
- Faça uma descrição destas rochas no que diz respeito à cor, textura e mineralogia?
- Coloque umas gotas de ácido sobre uma amostra de rocha, o que observou? A que se deve esta reacção?
- Neste local estão a explorar estas rochas, para que fim?
- Que tipo de maquinaria é utilizada?
- Os empregados estão convenientemente protegidos, no que diz respeito à segurança e higiene no trabalho?

- Existem populações ou casas próximas do local?
- Indique dois aspectos negativos e dois aspectos positivos, que advém desta exploração.
- Relativamente às grutas que visitou teça alguns comentários no que diz respeito à sua constituição, estado de conservação, possível aproveitamento.
- Faça um pequeno relato sobre o modo de formação das grutas calcárias.

3- ROCHAS METAMÓRFICAS

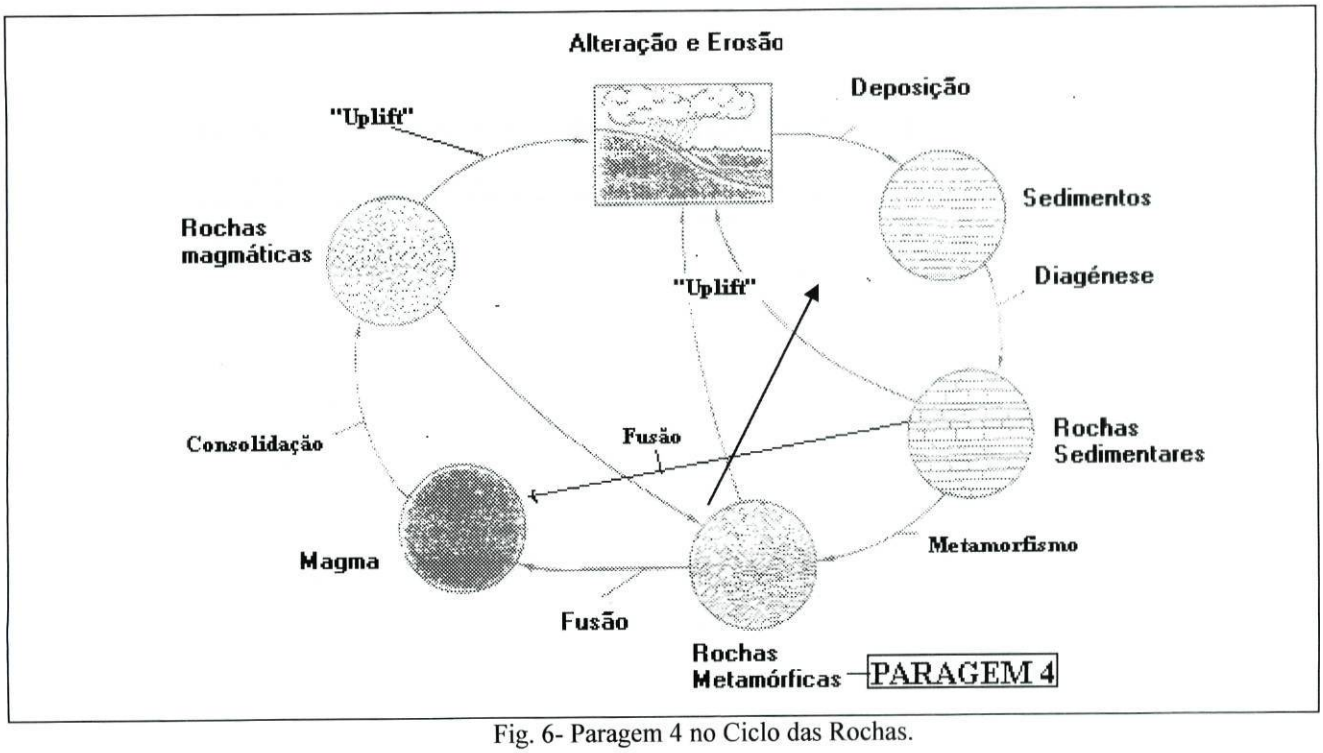


Fig. 6- Paragem 4 no Ciclo das Rochas.

PARAGEM 4

LOCALIZAÇÃO: Na estrada nacional 568, a meio caminho entre Silva e Granja, à cota 715.

OBSERVAÇÕES: Mármores de São Pedro da Silva – Pedreira abandonada

DESCRIÇÃO: Podem ser observados os mármores de São Pedro da Silva, bem como alguns vestígios da sua exploração em tempos, e aspectos do abandono não controlado da exploração.

ACTIVIDADES:

- A qual dos três grandes grupos de rochas pertencem as que observa neste local?
- Qual o nome específico desta rocha?
- Descreva os aspectos da cor, textura, e mineralogia desta rocha?
- A nível ambiental saliente alguns aspectos relevantes do abandono desta exploração.
- Na tentativa de reabilitar este local tente apontar algumas soluções.
- Tente averiguar se existem rochas ígneas próximo do local onde se encontram os mármores.
- Possivelmente qual foi o tipo de metamorfismo que originou estes mármores?

2.6.1- VALIDAÇÃO DA VISITA DE ESTUDO

No final da visita distribuiu-se um questionário pelos professores, que mereceu um tratamento estatístico.

a) QUESTIONÁRIO

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO GEOLOGIA PARA O ENSINO

QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO DO ITINERÁRIO

*Com este inquérito, pretende-se validar uma visita de estudo para professores – **As rochas, o seu ciclo e a sua exploração**, na zona de Vimioso*

A sua colaboração é fundamental, pelo que lhe é pedido que responda e emita a sua opinião. Grata pela sua atenção.

O anonimato é assegurado

1. **Sexo**

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___Masculino ___Feminino

2. **Idade**

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___a) Menos de 30 anos

___b) De 31 a 40

___c)De 41 a 50

___d)Mais de 50

3..**Habilitações académicas**

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___a) Bacharelato

___b) Licenciatura

___c) Mestrado

___d) Doutoramento

___e) Outra. **Qual?**_____

4.Situação profissional

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___a) PQND

___b) PQZP

___c) Prof. Contratado

___e) Outra? **Qual?**_____

5. Tempo de serviço (anos completos):_____

6. Instituição(ões) onde obteve o(s) grau(s) académico(s):_____

7. Costuma realizar saídas de campo?

Sim____ Não_____

7.1- **Se sim , quantas:**

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___a) 1 a 3

___b) 4 a 6

___c) 7 a 10

___d) Mais de 10 por ano.

7.2- **Se não. Porquê?**_____

8- Qual ou quais os anos e disciplinas que lecciona?

_____

_____

9- **Os aspectos focados nesta visita têm utilidade para as suas aulas/actividades dos anos e disciplinas que lecciona**?

SIM___ NÃO___

9.1- **Se sim, indique os aspectos que achou mais relevantes.**

_____

_____

9.2- **Se não. Porquê?** _____

_____

10- **Para que ano(s) de escolaridade esta visita de estudo será mais útil?**

11- **Acha importante este tipo de actividades como estratégia de ensino-aprendizagem?**

Sim____ Não ___

11.1- **Porquê?**_____

12- **Após a realização desde itinerário, acha interessante este tipo de acções para professores?**

SIM____ NÃO____

12.1- **Aponte três (3) razões para a resposta dada à questão anterior.**

1- _____

2- _____

3- _____

13- **Considera que esta visita contribuiu para a melhoria / actualização dos seus conhecimentos na área em estudo?**

SIM___ NÃO___

13.1- **Se sim. Quais os mais importantes?** _____

_____

13.2- **Se não. Porquê?** _____

_____

14- **Pretende repetir este itinerário com os seus alunos?**

SIM___ NÃO___

15- Como se sente em relação à realização deste itinerário:

(Assinale com uma cruz a opção que corresponde ao seu caso)

___a) Insatisfeito

___b) Pouco satisfeito

___c) Satisfeito

___d) Muito satisfeito

16- **Que sugestões apontaria para melhorar este itinerário de visita de estudo.**

FIM

b) TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Caracterização da Amostra

1. Sexo		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Masculino	1	7,14%
Feminino	13	92,86%
Totais	14	100,00%
2. Idade		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
31 a 40 anos	6	42,86%
41 a 50 anos	7	50,00%
Mais de 50 anos	1	7,14%
Totais	14	100,00%
3. Hab. Ac.		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Licenciatura	13	92,86%
Mestrado	1	7,14%
Totais		100,00%
4. Sit. Prof.		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
PQND (Professor do Quadro de Nomeação Definitiva)	14	100,00%
Totais	14	100,00%
5. Tempo Serviço		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
0 a 10 anos	2	14,26%
11 a 20 anos	9	64,29%
21 a 30 anos	3	21,43%
Totais	14	100,00%
6. Licenciou-se em		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
FCUP (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)	11	78,57%
FLUP (Faculdade de Letras da Universidade do Porto)	2	14,29%
UTAD (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)	1	7,14%
Totais	14	100,00%

Quadro V- Valores de caracterização da amostra.

Seguem-se alguns gráficos onde estão representadas as variáveis do quadro V:



Fig.22- Gráfico representativo da distribuição por sexo.

Fig. 23- Gráfico representativo da distribuição por idades.

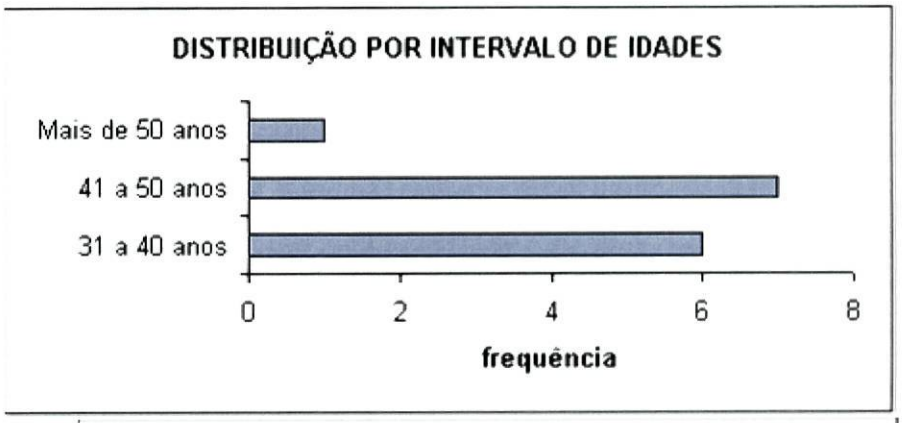


Fig. 24- Gráfico representativo da distribuição por hab. Académicas.



Fig. 25- Gráfico representativo da distribuição por tempo de serviço.

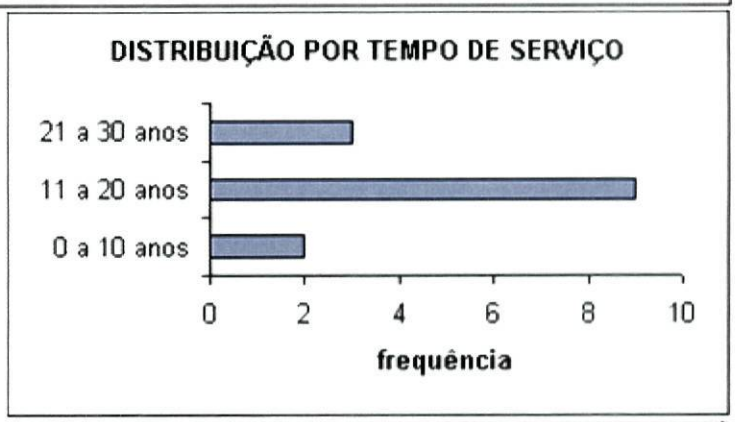
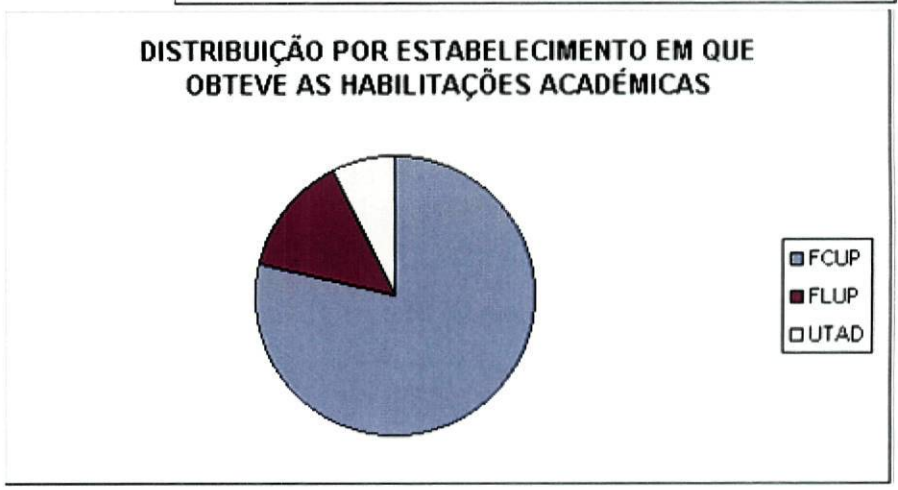


Fig. 26- Gráfico representativo da distribuição dos estabelecimentos onde obteve as hab. académicas.



Da análise do quadro V podemos verificar que a grande maioria dos inquiridos eram do sexo feminino, cujas idades na maioria variavam entre os 31 e 40 anos e os 41 e 50 anos, a grande maioria possuía licenciatura, todos os professores pertenciam aos Quadros de Nomeação Definitiva, tendo na maioria tempos de serviço entre os 11 e 20 anos, por fim a maioria licenciou-se na Faculdade de Ciências do Porto.

Análise dos pontos de interesse da visita

7. Realiza saídas de campo		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	13	92,86%
Não	1	7,14%
Totais	14	100,00%
7.1- Quantas		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
1 a 3	10	71,43%
4 a 6	4	28,57%
Totais	14	100,00%

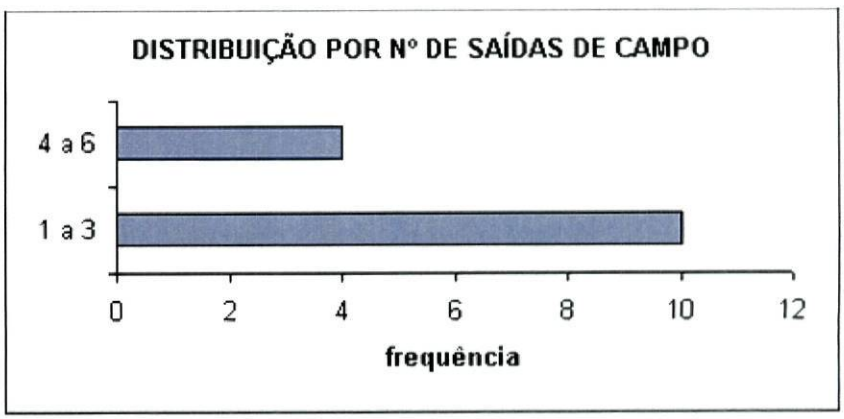
Quadro VI - Resultados da realização de saídas de campo.

A seguir estão representadas graficamente as distribuições das variáveis referentes ao quadro VI:

Fig. 27- Gráfico representativo da distribuição por realização de saídas de campo.



Fig. 28- Gráfico representativo da distribuição por n.º de saídas de campo.



A grande maioria dos inquiridos realiza visitas / saídas de campo, variando na maioria entre uma a três por ano lectivo.

Questão 8- As disciplinas e os anos que os inquiridos leccionam são muito vastas e variadas, sendo de tratamento estatístico muito difícil, pelo que passo a transcrever:

Geografia 12º ano (um)

8º ano 15/18 (área de Geografia) (um)

Ensino Básico Recorrente (área de Geografia) (um)

Ensino Secundário recorrente (área de Geografia) (um)

Ciências da Terra e da Vida 10º ano (oito)

Ciências da Terra e da Vida 11º ano (cinco)

Técnicas Laboratoriais I (dois)

Técnicas Laboratoriais II (um)

Biologia 12º ano (três)

Geologia 12º ano (três)

Ciências Naturais 7º ano (dois)

Geografia 7º ano (um)

Geografia 9º ano (um)

9. Têm utilidade para as aulas		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	11	78,57%
Não	3	21,43%
Totais	14	100,00%
9.1. Relevância		
INTERVALOS	FRERQUÊNCIAS	
Não respondeu	1	
Impacte ambiental / Modernização dos equipamentos	3	7,14%
Rochas/ Ciclo das rochas	7	50,00%
Aplicação prática dos conhecimentos teóricos	1	7,14%
Todas	2	14,29%
Totais	14	100,00%
9.2. Não		
INTERVALOS	FRERQUÊNCIAS	
Não respondeu	13	92,86%
Conteúdos que lecciona não estão de acordo com os assuntos focados nesta visita	1	7,14%
Totais	14	100,00%

Quadro VII - Dados relativos à utilidade desta visitas nas aulas /actividades.

A complementar o quadro VII , seguem-se os gráficos representativos das distribuições das variáveis nela representadas:

Fig. 29- Gráfico representativo da distribuição por utilidade das saídas de campo.

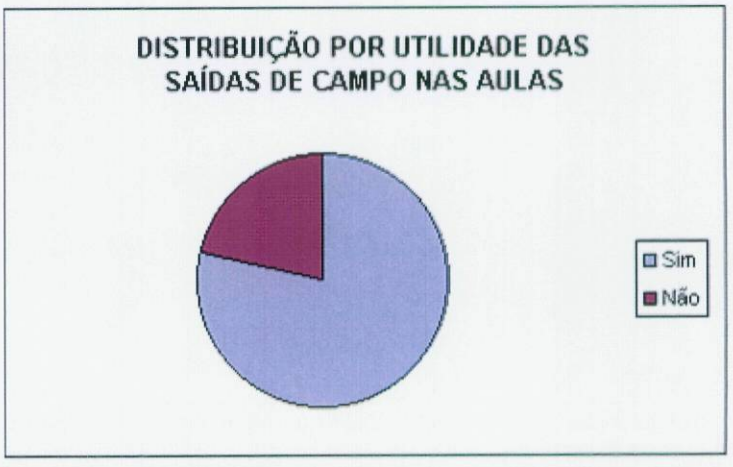
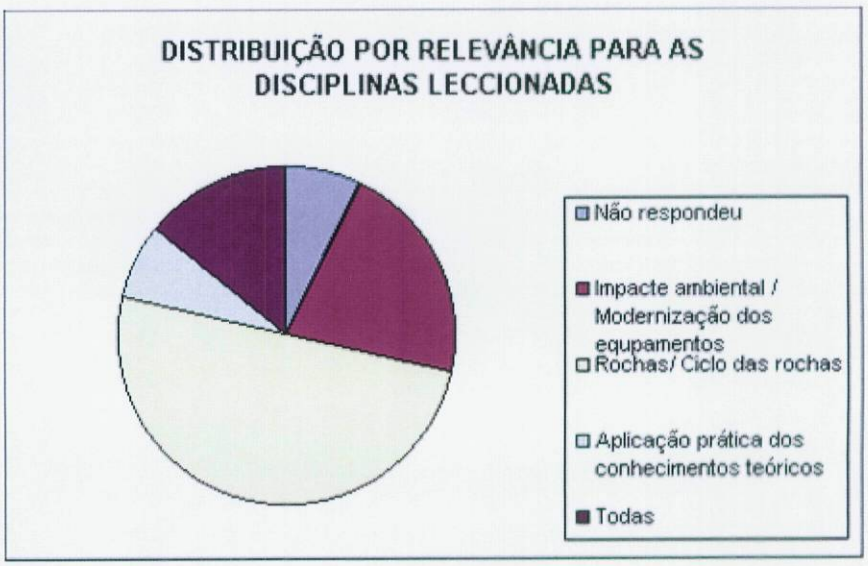


Fig. 30- Gráfico representativo da distribuição por relevância para as disciplinas leccionadas.



A maioria dos professores que realizaram esta visita consideraram que os aspectos nela focados tinham utilidade para as suas aulas / actividades dos anos e disciplinas que leccionavam, apresentando como aspectos mais relevantes o estudo das rochas e o seu ciclo. Alguns consideraram os itens do impacte ambiental e da modernização dos equipamentos utilizados nas pedreiras, como aspectos relevantes, apenas um professor deu relevância à aplicação prática dos conhecimentos teóricos e dois consideraram todos estes aspectos importantes na visita efectuada.

Um inquirido não considerou a visita de campo com utilidade prática devido aos conteúdos que leccionava no momento não se encontrarem de acordo com os assuntos abordados na visita.

Questão 10 – Esta questão não teve possibilidade de tratamento estatístico dado as pessoas inquiridas terem respondido em função dos anos / disciplinas que leccionavam no momento e não na globalidade como se pretendia.

Mas do apanhado geral podemos concluir que esta visita de estudo se revela particularmente útil para os 7 ° ano de Ciências Naturais, 10° e 11° anos de Ciências da Terra e da Vida e 12° ano de Geologia, podendo ter alguma utilidade em matérias pontuais das disciplinas da área da Geografia.

11. Importância destas actividades como estratégia de ensino aprendizagem		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	14	100,00%
Totais	14	100,00%
11.1. Porquê		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Facilita as aprendizagens	13	92,86%
Visão geral	1	7,14%
Totais	14	100,00%

Quadro VIII - Dados relativos à importância deste tipo de estratégia de ensino - aprendizagem.

No gráfico seguinte está representada a distribuição constante no quadro VIII:

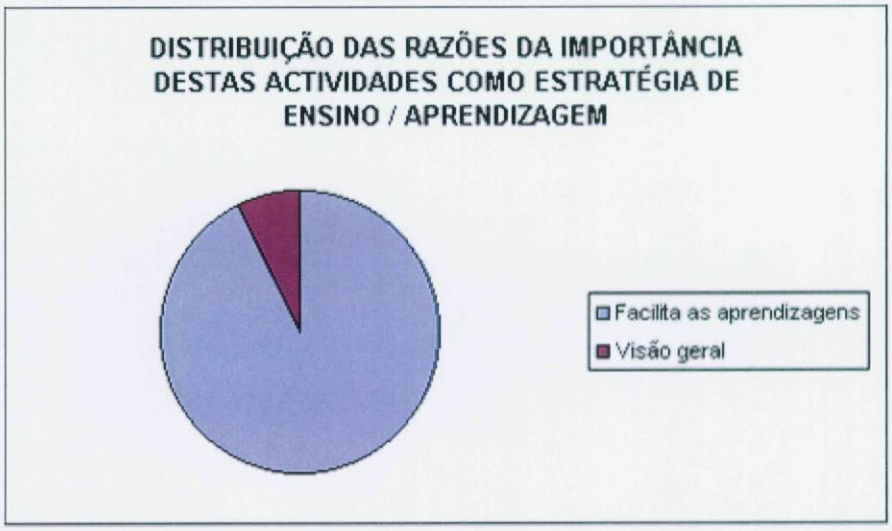


Fig. 31- Gráfico representativo da distribuição das razões da importância destas actividades como estratégia de ensino/aprendizagem.

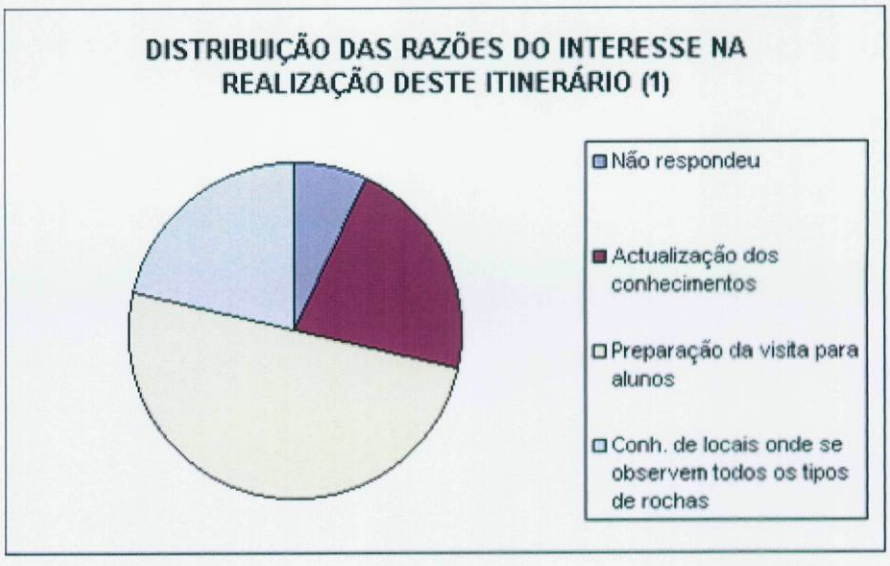
Como estratégia de ensino – aprendizagem todos os docentes consideraram importante este tipo de actividades (saídas, visitas de campo), na grande maioria por acharem que facilita as aprendizagens.

12. Imp. para prof. este tipo de acções		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	14	100,00%
Totais	14	100,00%
12.1. Razões		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	1	7,14%
Actualização dos conhecimentos	3	21,43%
Preparação da visita para alunos	7	50,00%
Conh. de locais onde se observem todos os tipos de rochas	3	21,43%
Totais	14	100,00%
12.2. Razões		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	2	14,26%
Contacto com situações reais	8	57,14%
Inventariar património geológico	2	14,26%
Fazer visitas com alunos	2	14,26%
Totais	14	100,00%
12.3- Razões		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	3	21,43%
Troca de opiniões / Informações	5	35,71%
Verificar o impacte ambiental	4	28,57%
Valorizar o saber prático	2	14,29%
Totais	14	100,00%

Quadro IX- Dados relativos à importância deste tipo de actividades para professores.

Seguem-se as representações gráficas das distribuições das variáveis constantes no quadro IX:

Fig. 32- Gráfico representativo das razões (1) de interesse deste itinerário.



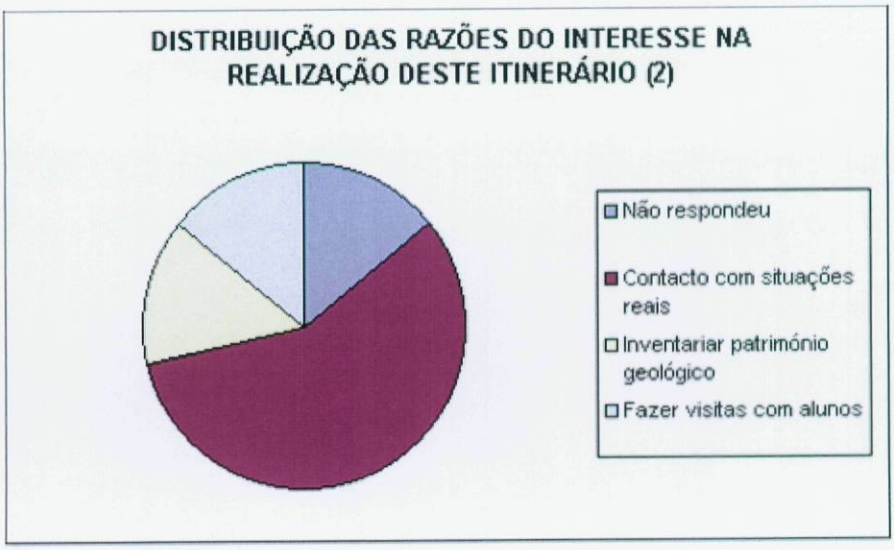


Fig. 33- Gráfico representativo das razões (2) de interesse deste itinerário.

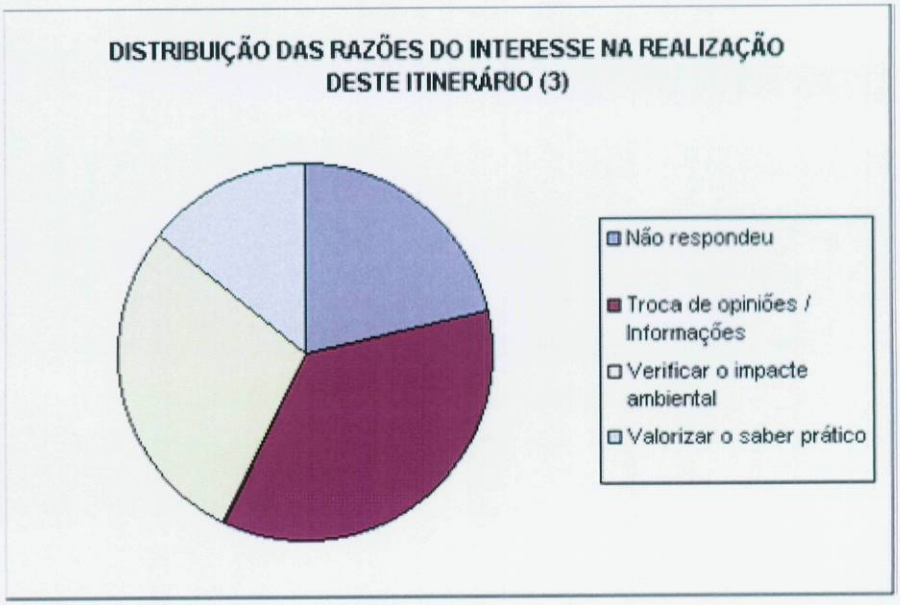


Fig. 34- - Gráfico representativo das razões (3) de interesse deste itinerário.

Todos os inquiridos consideraram que a realização deste tipo de acções é importante para os professores, a maioria porque acha que os ajuda a preparar visitas para os alunos, verifica-se um contacto com situações reais, alguns consideram que é um ambiente favorável à troca de opiniões e informações e ainda observar problemas de impacte ambiental.

13. Contribuiu para a melhoria dos seus conhecimentos		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	14	100,00%
Totais	14	100,00%
13.1. Mais importantes		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	1	7,14%
Ambiente / Segurança / Modernização / rochas	3	21,43%
Assuntos relacionados com a disciplina que lecciona	2	7,14%
Actualização dos conhecimentos	8	57,14%
Totais	14	100,00%

Quadro X- Dados relativos à melhoria / actualização dos conhecimentos do professor na área em estudo.

Graficamente a distribuição da variável do quadro X tem a seguinte representação:

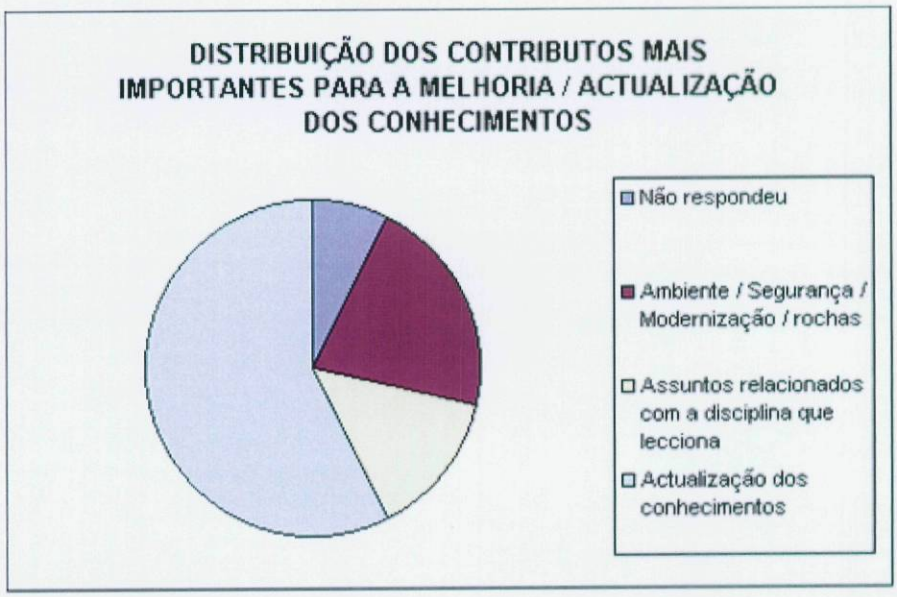


Fig.35- Gráfico representativo da distribuição dos contributos mais importantes para a Melhoria/actualização dos conhecimentos.

Todos os docentes consideraram que esta visita ajudou a melhorar ou actualizar os seus conhecimentos nos assuntos abordados, na grande maioria porque lhes actualizou realmente os conhecimentos, outros, mas em menor número, por abordar questões tão importantes como o ambiente, segurança no trabalho, grau de modernização das explorações e claro por abordar as rochas.

14. Vai repetir com os alunos		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Sim	11	78,57%
Não	3	21,43%
Totais	14	100,00%

Quadro XI- Dados relativos à intenção de repetir o itinerário com os alunos.

Relativamente à distribuição da variável do quadro XI graficamente fica com o aspecto seguinte:

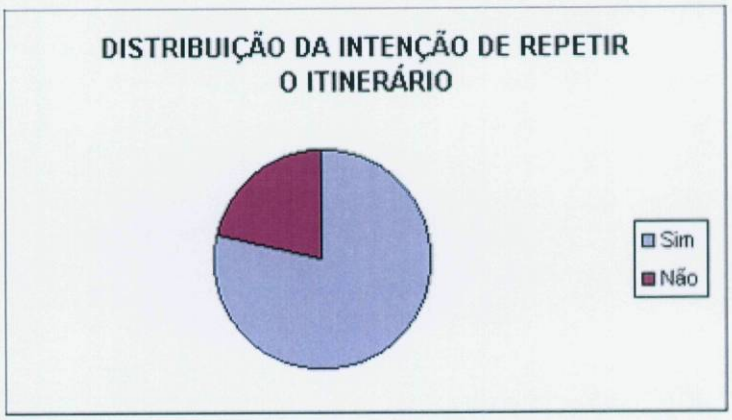


Fig. 36- Gráfico representativo da distribuição da intenção de repetir o itinerário.

A maioria dos professores inquiridos pretende repetir a visita com os seus alunos.

15. Em relação a esta visita sente-se		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Satisfeito	9	64,29%
Muito Satisfeito	5	35,71%
Totais	14	100,00%

Quadro XII- Dados relativos ao grau de satisfação dos professores no final da visita.

A distribuição da variável constante no quadro XII representa-se em termos gráficos como consta de seguida:

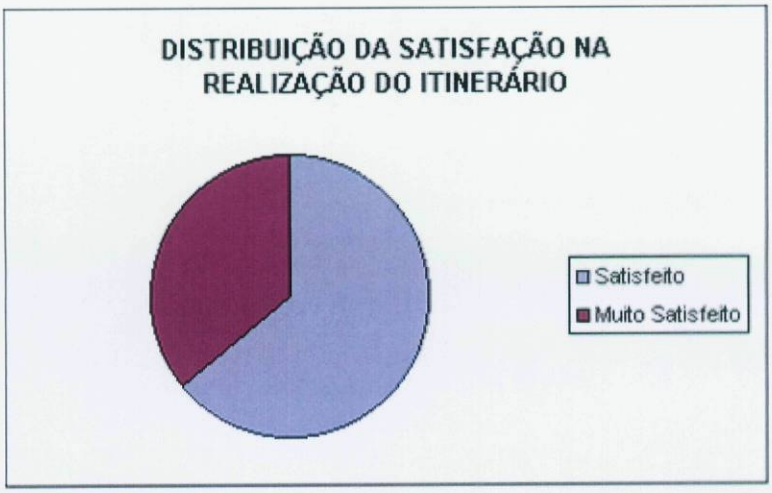


Fig. 37- Gráfico representativo da distribuição da satisfação na realização do itinerário.

A maioria dos professores inquiridos no final da visita de campo sentia-se satisfeita, embora menos mas todos os restantes ficaram muito satisfeitos.

16.1 Sugestões		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	11	78,57%
Bem elaborado	2	14,29%
Complemento com carta geológica de pormenor	1	7,14%
Totais	14	100,00%
16.2. Sugestões		
INTERVALOS	FREQUÊNCIAS	
Não respondeu	13	92,86%
Itinerário mais curto	1	7,14%
Totais	14	100,00%

Quadro XIII- Dados relativos a sugestões para melhora o itinerário.

As sugestões apontadas para melhorar este itinerário foram muito poucas, pelo que o seu significado estatístico é pouco relevante. Mas da análise das respostas podemos verificar que acharam o itinerário bem elaborado (o que será mais um elogio que uma sugestão), complemento com carta geológica de pormenor (que não existe, senão teria sido anexada) e que o itinerário fosse mais curto.

CONCLUSÕES

- As explorações de granito, mármore e calcário estudadas na região de Vimioso (Norte de Portugal), localizam-se na Zona Centro Ibérica, no Maciço Hespérico.

- Apesar dos impactes das explorações a céu aberto serem diversos e se façam sentir antes, durante e após a fase de exploração, no caso das explorações estudadas podem considerar-se os seguintes aspectos:

- PEDREIRA DE S. PEDRO DA SILVA (mármores): pedreira a céu aberto abandonada onde, em tempos, se exploraram mármores para fins ornamentais. Constitui alguns perigos, devido à depressão existente, onde se podem acumular águas insalubres ou tornar-se depósito de lixo. O impacte mais marcante, é a nível visual por se situar à berma da estrada. As entidades competentes deviam fazer esforços no sentido de recuperar o local para fins turísticos.

- PEDREIRA DAS MINAS DE SANTO ADRIÃO (calcários e mármores): pedreira em laboração a céu aberto, de onde se extrai calcário cristalino e mármore para fins industriais (transformação em brita). A extracção excessiva tem levado à destruição total de dois cabeços do monte. Houve vandalização e destruição de duas belas grutas que se encontram abertas. A contaminação dos solos e linhas de água é também um problema no local, tal como a falta de regras de higiene e segurança no trabalho e em toda a exploração.

- PEDREIRA DE CAÇARELHOS (granito): pedreira a céu aberto em plena laboração, extraindo-se granito com diversos fins, industriais e ornamentais. Nota-se que não existem desperdícios (escombreiras). Emprega numerosas pessoas, mas também se verifica alguma negligência no que respeita às regras de segurança e higiene no trabalho, nomeadamente devido aos trabalhadores não usarem equipamentos de protecção, principalmente capacetes e máscaras, já que se fazem diversas explosões por tiro, libertado-se imensas poeiras na transformação das matérias primas, que podem causar acidentes e provocar doenças.

- PEDREIRA DE GRANITO ORIENTADO PRÓXIMO DE SANTO ADRIÃO: Pedreira a céu aberto onde se exploram granitos para fins industriais (transformação em brita). Existem pequenas escombreiras no local. Pode constituir perigo dado existir uma pequena depressão já com águas insalubres Dá a sensação de, pelo menos temporariamente, estar abandonada sem a preocupação de fazer controlo algum.

- PEDREIRA DE FONTE COLAÇO / MEDRONHEIRO (granito): pedreira a céu aberto, abandonada sem qualquer controlo, da qual se extraíram granitos ornamentais. O impacte mais notório a nível ambiental é o visual, uma vez que esta se situa muito próximo (cerca de 100 metros) da estrada, e onde se encontram inúmeros e diversificados lixos depositados.

- OUTRAS PEDREIRAS VISITADAS:

PEDREIRA DA BARRAGEM DE MIRANDA DO DOURO: pedreira de ganitóides a céu aberto abandonada, cujo impacte mais proeminente é a nível visual, pois situa-se no centro da parte nova da cidade, onde numerosas aves aproveitam para nidificar (nos espaços apropriados que encontram). Apesar disso as cortas da antiga pedreira são um belíssimo expositor das fácies do maciço granítico de Ifanes, daí a pedreira estar em vias de ser considerada área de interesse geológico.

PEDREIRA DE VILA CHÃ DA BRACIOSA (Sendim): pedreira a céu aberto, em plena laboração donde se extraem granitos para fins industriais (transformação em brita). O maciço, devido às técnicas de exploração, encontra-se muito fracturado, notando-se grandes ruídos e muitas poeiras que contudo não afectam as populações por se encontrarem a distâncias consideráveis. Os trabalhadores usam máscaras e equipamentos de protecção.

PEDREIRA DE TÓ / VARIZ (Mogadouro): pedreira a céu aberto, laborando para extrair granitos industriais (transformação em brita), observando-se no maciço alguma episienitização e estando extremamente fracturado dadas as técnicas de extracção, libertando-se muitas poeiras e produzindo muito ruído. Não se observou o uso de equipamentos de protecção por parte dos trabalhadores. As populações não são afectadas por se localizarem longe do local.

- Os efeitos na saúde humana resultantes da exposição a ruídos e principalmente poeiras minerais são diversos, dependendo, no caso das poeiras, da concentração, forma, tamanho e composição química das partículas, do tempo e intensidade de exposição e da solubilidade nos tecidos. As principais doenças devido aos ruídos são a surdez progressiva. Já algumas poeiras podem afectar principalmente o aparelho respiratório, podendo afectar mais raramente o aparelho digestivo e a pele.
- Dos minerais estudados os mais perigosos para a saúde humana são os de sílica, provocando doenças pulmonares como a silicose, muito frequente nos trabalhadores das pedreiras de granito.

- Petrograficamente pode concluir-se que:

PEDREIRA DE SANTO ADRIÃO: predomina o calcário com tonalidades beges, embora exista algum mármore cristalino de cor branca. Microscopicamente no calcário distinguem-se duas zonas bem distintas, caracterizadas por duas texturas uma granoblástica e outra porfiroblástica. Quer no calcário, quer no mármore predomina a calcite sobre a dolomite.

PEDREIRA DE SÃO PEDRO DA SILVA: o maciço encontra-se muito fracturado, o que levou ao abandono da exploração do mármore de cor cinzenta bandada. Microscopicamente observou-se uma textura granoblástica com grão subidiomórficos essencialmente de calcite.

PEDREIRA DE CAÇARELHOS: macroscopicamente o granito apresenta cor cinzenta, de duas micas, com estrutura holocristalina, fanerítica, equigranular de grão médio. Microscopicamente a textura é hipidiomórfica granular de grão médio-fino, possuindo na sua constituição como minerais essencias quartzo, feldspatos (potássico e plagioclases) e moscovite. Como minerais secundários ocorre a clorite resultando da alteração da biotite, e exibe como acessórios epídoto, rútilo, zircão.

PEDREIRA DE GRANITO ORIENTADO DE SANTO ADRIÃO: maciço granítico muito semelhante ao de Caçarelhos, pois devem pertencer à mesma intrusão. Apresenta cor cinzenta, estrutura holocristalina, fanerítica, equigranular, de grão médio, duas micas. O maciço encontra-se muito fracturado, provavelmente devido às técnicas de extracção e com alguma episienitização nas zonas mais superficias. Microscopicamente a sua textura é hipidiomórfica granular, de grão médio a fino. Os minerais essenciais observados foram quartzo, feldspatos (potássico e plagioclase), biotite, moscovite. Como acessórios aparecem apatite, alguma clorite proveniente da alteração da biotite, zircão e sericite.

PEDREIRA DE FONTE COLAÇO / MEDRONHEIRO: macroscopicamente o maciço encontra-se bem consevado, praticamente sem alterações, alguma fracturação espaçada, cor cinzenta azulada, com megacristais de feldspato, estrutura porfiróide, holocristalina, fanerítica com matriz de grão médio a fino, de duas micas. Microscopicamente caracteriza-se por uma textura hipidiomórfica granular, porfiróide, constituído por quartzo, feldspatos (potássico e plagiocase), biotite e moscovite. Apatite, zircão e monazite aparecem como acessórios.

Dos estudos geoquímicos efectuados pode dizer-se que:

- a nível de rocha total, tratamento efectuado por Fluorescência de Raio-X, os três granitos em análise são ricos em sílica, sendo as amostras de Caçarelhos (FV3) e de Santo Adrião (FV1) ligeiramente mais ricas neste óxido e em alcális, do que a amostra de Fonte Colaço / Medronheiro (FV2). De acordo com as razões molares A/KCN, respectivamente 1.36, 1.15 e 1.36 calculados (superiores ao valor 1.1), trata-se de granitos peraluminosos. As rochas carbonatadas em estudo revelaram possuir um alto teor em $CaCO_3$, e valores muito baixos nos outros elementos.

- a nível dos minerais, estudos efectuados à Microssonda Electrónica incidiram sobre a biotite, moscovite, feldspato potássico e plagioclase. Das análises efectuadas é importante realçar algumas diferenças na composição de determinados minerais de acordo com a rocha hospedeira. Quanto à

biotite, na amostra FV1 predomina a ferrífera. Na amostra FV2 já revela ser mais magnesiana e na amostra FV3 não se detectou existência deste mineral. Confirma-se a existência de moscovite primária nas três amostras, embora exista moscovite secundária proveniente da alteração de outros minerais, mas que não foram amplamente estudados por esta técnica. Em todas as amostras o feldspato potássico e as plagioclases estão presentes. Na amostra FV1 analisaram-se albite e oligoclase. Na amostra FV2 predomina a albite embora se tivesse, também, constatado existir oligoclase e oligoclase–andesina ou andesina-oligoclase. Em FV3 detectou-se a existência de albite e oligoclase-andesina (ou andesina-oligoclase); A clorite ocorre com especial percentagem na amostra FV3 e alguns vestígios na FV1; analisou-se um ponto de apatite de uma inclusão numa biotite da amostra FV2.

- Integrando todas as observações efectuadas pode-se concluir que os granitos em estudo se incluem no grupo dos granitos de duas micas da zona Norte de Portugal, sendo sintectónicos relativamente à fase D_3 da deformação Hercínica.

- Na região as rochas são utilizadas para diversos fins, que vão de todos os usos da construção civil, à utilidade na agricultura, passando pelas artes decorativas, não esquecendo um uso muito importante que é a transformação em brita para a construção e reparação das estradas.

- Como este trabalho tem em vista uma componente educacional, especificamente relacionada com a formação de professores e, como a educação é fundamental para a formação dos cidadãos e da sociedade, o estudo da Geologia e dos temas em destaque no presente trabalho são propícios a desenvolver valores, atitudes, normas, regras, crenças e hábitos que caracterizam as sociedades, e, vão de encontro a tais objectivos. Assim, elaborou-se um itinerário de visita de estudo para professores que focasse todos esses aspectos. A visita de estudo realizou-se com catorze docentes do Departamento de Ciências da Terra e da Vida (que inclui docentes da área de Geografia e Biologia/Geologia), tendo-se revelado um êxito, pelo que o grau de satisfação da organização é enorme.

- Após a realização da visita de estudo aplicou-se um questionário aos participantes que mereceu tratamento estatístico, cujas conclusões mais relevantes se passam a descrever:

- A maioria dos docentes considerou os aspectos focados na visita de grande utilidade para as suas aulas/actividades dos anos que leccionavam, sendo os aspectos mais relevantes: por um lado, o

estudo das rochas e seu ciclo e, por outro lado, as questões de impacte ambiental e modernização dos equipamentos utilizados nas pedreiras.

- Na opinião dos participantes a visita de estudo estaria mais vocacionada para aplicar aos alunos dos 7º ano de Ciências Naturais, 10º e 11º anos de Ciências da Terra e da Vida e 12º de Geologia, podendo ter interesse em algumas matérias pontuais da área de Geografia, isto tendo em conta os actuais programas curriculares.

- Como estratégia de ensino/aprendizagem todos os docentes consideraram importante este tipo de actividades (saídas/visitas de campo) por acharem que facilita as aprendizagens, uma vez que se sai do ensino formal dos manuais escolares e da sala de aula e se vai para os locais onde os fenómenos ocorrem.

- Consideraram que estas actividades são importantes para professores, já que os ajuda a preparar visitas/saídas para os seus alunos, contactam com a realidade, proporcionam espaços de partilha / troca de opiniões e informações, observam problemas ambientais, ajudam a melhorar ou recordar os seus conhecimentos nos assuntos abordados.

- A maioria pretende repetir o itinerário com os seus alunos.

- No final todos os docentes se sentiram satisfeitos ou muito satisfeitos com a actividade que lhes foi proporcionada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho torna-se importante fazer algumas reflexões:

- Foi possível relembrar e adquirir inúmeros conhecimentos de ordem científica, nas áreas em estudo e na Geologia em geral, quer através das leituras de pesquisa bibliográfica, quer nos trabalhos de prática que foram feitos.

- Permitiu abrir novos horizontes para a abordagem da geologia nas aulas, nomeadamente a importância para professores e alunos contactarem "in locco" com os assuntos, ou seja sair da sala de aula e ir para o terreno, de forma a que se apercebam das vantagens deste tipo de estratégia de ensino – aprendizagem, para constatarem as diferenças entre a teoria dos manuais escolares e a prática do terreno, assim como a diferença entre uma simulação no laboratório e a realidade nos locais.

- Alertar os professores das Ciências da Terra e da Vida, nas perspectivas abordadas no parágrafo anterior, bem como a articulação das suas práticas lectivas a novas formas de ensinar de acordo com o nível de escolaridade dos seus alunos.

- O professor para que possa utilizar, reproduzir, reestruturar e utilizar os diversos documentos elaborados neste trabalho ou outros, necessita de:

- possuir conhecimentos científicos na área;
- equacionar as suas concepções do ensino das ciências e do que é a própria ciência;
- envolver-se na investigação e inovação da educação e das práticas lectivas;
- adequar as práticas lectivas às novas realidades sociais;
- estar constantemente atento às mudanças de forma a que ao longo da sua carreira profissional possa fazer reflexões críticas e sistemáticas.

Todos estes pontos levam à importância da formação contínua do professor, de forma a que possa estar em constante sintonia com as realidades científicas, sociais, novas pedagogias e didácticas adequadas, com o fim de melhorar e incentivar o ensino da Geologia.

BIBLIOGRAFIA

AGUAYO, M. J.; PRIETO, R. H. (1994). *Esta Presente la Geologia en la educación ambiental*. VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Córdoba, pp. 81-85.

ALBUQUERQUE, C. A. R. (1973). Geochemistry of Biotites from Granitic Rocks, Northern Portugal. *Geochim. Cosmochim.* Acta 37. pp. 1779-1802.

ALMEIDA, A. (1994). *Geoquímica, Petrogénese e Potencialidades Metalogenéticas dos Granitos Peraluminosos de Duas Micas do Complexo de Cabeceiras de Basto*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Tese de Doutoramento, 305 pp.

ALVES-PINTO, C. (1995). *Sociologia da Escola*. Lisboa. McGraw-Hill.

AZEVEDO, C. (1994). *Biologia Celular*. Lidel – Edições técnicas, L^{da}.

BARROS, L. A. (1983). Os Minerais e suas Eventuais Acções Agressivas sobre o Organismo Humano. *Boletim de Minas*, n.º 20 (2). pp. 67-76.

BEA, F.; HERRERO, J. G. S. G.; PINTO, M. S. (1987). Una Compilation Geoquímica (elementos maiores) para los Granitoides del Macizo Hespérico. ***In***: F. BEA; A. CARMINA; J. C. GONZALO; M. L. PLAZA; J. M. L. RODRÍGUEZ (eds). *Geología de los granitoids y rocas asociadas del Macizo Hespérico.* Libro Homenage a L.C.G. FIGUEIROLA. Madrid. Editorial Rueda. pp. 87-193.

BEETSAMA, J. J. (1995). *The late Proterozoic/Paleozoic and Hercinian Crustal evolution of the Iberian Massif, N Portugal – as traced by geochemistry and Sr-Nd-Pb isotope systematics of pre-Hercinian terrigenous and Hercinian granitoids*. Tese de Doutoramento. Vrije. Amsterdam. Universiteit te Amsterdam. 223 pp.

BLATT, H. (1992). *Sedimentary Petrology*. University of Oklahoma. New York. W. H. Freeman and C^{ia}.

BLATT, H. ; TRACY, R. J. (1995). *Petrology – Igneous, Sedimentary and Metamorphic.* New York. W. H. Freeman e C^{ia}.

BORGES, F. S. (1984). *Geologia Estrutural –I Parte*. Porto.

BUCKER, K.; FREY, M. (1994). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks.* New York. Springer – Verlag.

BUSH, R. M.; TASA, D. (2000). *Laboratorial Manual in Phisical Geology*. London. Prentice Hall.

CAROZZI, A. V. (1960). *Microscopy Sedimentary Petrography*. New York and London. John wiley & sons, inc.

CARTA MILITAR DE PORTUGAL (1995): Folha 66, à escala 1:25 000. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

CARTA MILITAR DE PORTUGAL (1996): Folha 80, à escala 1:25 000. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL (1992). À escala 1:500 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

CARVALHO, A. M. G. de (1997). *Geologia: Petrogénese e Orogénese*. Lisboa: Universidade Aberta.

CHERNICOFF, S. (1999). *Geology.* Boston, New York. Houghton Mifflin Company.

CLAISSE, F. (1989). Automated Sample Preparation for Analysis of Geological Materials. ***In*** AHMEDALI, S. T. (eds). *X-Ray Fluorescente Analysis in the Geological Sciences: Advances in Methodology. Geol. Assm.* Canada: Short Course 7. pp. 39-54.

COSTA, C. N. (1988). Estudos Geológicos de Impacte Ambiental. *1ª Conferência sobre a Qualidade do Ambiente*, vol. 2. pp. 513-521.

COSTA, C. N. (1992). Impacte Ambiental de Pedreiras: Prevenção e Controlo. *Geonovas*, n.º especial 1. pp. 103-108.

COSTA, F. C. da (1993). Formação de Professores: Objectivos, Conteúdos e Estratégias. Colóquio *"Educação e Sociedade"*, n.º 4. Dezembro. pp. 101-133.

COSTA, F.; GARCIA, M. A.; GAMEIRO, M. I.; TERÇA, O. M. (1997). *Geologia: Construindo Conceitos sobre a Terra – Materiais para Professores*. Lisboa. Instituto de Inovação Educacional.

COSTA, J. B. (1985). *Estudo e classificação das Rochas por exame macroscópico.* Lisboa. F. C. Gulbenkian.

CRESPO, A.; CHARIFO, G. (1997). Técnicas e meios utilizados na extracção de Granitos. *A Pedra*, nº 64. pp. 101-112.

CUPETO, C. A. (1995). Ecogestão e Auditoria Ambiental no Sector das Pedras Ornamentais. *A Pedra*, n.º 55/56. pp. 45-50.

CUPETO, C. A.; MONTEIRO, J. P.; OLIVEIRA, M. de (1994). A Água e a Actividade Mineira. *A Pedra*, n.º 53. pp. 7-12.

DANA, J. D. (1986). *Manual de Mineralogia*, livros técnicos e científicos. Rio de Janeiro. Ed. S.A.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMEN, J. (1966). *Rock Forming Minerals*. London. William Clowes and Sons.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMEN, J. (1976). *Rock Forming Minerals*. Vol.3. Sheet silicates. London. Longman.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMEN, J. (1981). *Minerais Constituintes das Rochas – uma Introdução*. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian.

DELGADO, J. F. N. (1881). *Grottes de Santo Adrião, dans le Nord du Portugal.* Comunicação apresentada: Compte-Rendu du Congrés Int. d'Anthrop, em Lisboa.

DELGADO, J. F. N. (1887). *Jazigos de Mármore e de Alabastro de Santo Adrião e das Grutas compreendidas nos mesmos jazigos* .Comunicações da Comissão dos Trabalhos Geológicos. Tomo II – Fascículo 1, pp. 45-55.

D'HAINAUT, L. (1980). *Educação dos Fins aos Objectivos*. Coimbra. Almedina.

DERCOURT, J.; PAQUET, J. (1986). *Geologia : Objectos e Métodos*. Coimbra: Livraria Almedina.

DIAS, G. T. (1987). *Mineralogia e Petrologia de granitos Hercínicos associados a mineralizações filonianas de Sn-W (Minho – Portugal)*. Tese de Doutoramento. Braga. Universidade do Minho. 304 pp.

DIAS, G.; NORONHA, F.; FERREIRA, N. (2000). *Eurogranites'2000, Field Meeting, Variscan Plutonism in the Central Iberian Zone, Northern Portugal*.

DIOGO, A. (1993). Ruído, um mal desnecessário. *A Pedra*, n.º 48. p. 75.

DURKHEIM, E. (1972). *Educação e Sociologia*. S. Paulo. Edições Melhoramento.

ECO, U. (1995). *Como se faz uma Tese em Ciências Humanas*. Lisboa. Editorial Presença.

ESCORZA, C. M. (1988). Epistemología y Metodología. História en la enseñanza de la Geología. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp. 25-34.

ESPINET, B. (1999). Fundamentos Conceptuales y Didácticos. Los Problemas Ambientales (PA) y la Educación Ambiental: Una Reflexion. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, volume 7, n º 1. pp. 2-7.

ESTRELA, M. T. (org.) (1997). *Viver e Construir a Profissão Docente*. Porto. Porto Editora.

FAFÁN, I. R.; ROSALÍA, E. R.; TRUYO, R. C.; ORTEGA, R. F. (1994). *Propuesta de Enseñanza Medio-Ambiental en el campo: itinerario Villa Verde del Rio – Arroyo Aguas Santas*. VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Córdoba. pp. 92-94.

FERNANDES, A. J. (1995). *Métodos e Regras para Elaboração de Trabalhos Académicos e Científicos*. Porto. Porto Editora.

FERREIRA, M. R. P. V. (1972). *Rochas Metamórficas*. Coimbra. Livraria Almedina.

FERREIRA, N.; IGLESIAS, M.; NORONHA, F.; PEREIRA, E.; RIBEIRO, A.; RIBEIRO, M. L (1987). Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento Geodinâmico. ***In:*** F. BEA et al (eds). *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Madrid. Editorial Rueda. (Libro de Homenage a L. C. GARCÍA de FIGUEIROLA). pp. 37-53.

FIGUEIRA, M. J.; PITEIRA, B. M.; DUQUE, V.; MORAIS, L.; MARTINS, C.; MATOSO, A. (1995a). Actividade Extractiva e Transformadora de Rochas – Impacte Ambiental e Ordenamento. *A Pedra*, n.º 57. pp. 17-28.

FIGUEIRA, M. J.; PITEIRA, B. M.; DUQUE, V.; MORAIS, L.; MARTINS, C.; MATOSO, A. (1995b). Impacte Ambiental e Ordenamento: Actividade Extractiva e Transformadora de Rochas. *A Pedra,* n.º 58. pp. 71-73.

FONDEVILLA, J. M. (1979). *Education e valores*. Madrid. Narcea, S.A. de Education.

FONTES, M. A. (1990). *Escola e Educação de Valores*. Lisboa. Livros Horizonte.

GAMA, C. D. da; RIBEIRO , J. T. (1990). Tratamento de Escombreiras. *Boletim de Minas* 27(3), pp. 325-332.

GARCIA, I.; DELGADO, J. M. F. (1988). La Enseñanza de la Geologia en el contexto de la Educatión Ambiental a través de una aula activa. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp. 465-471.

GASS, I. G.; SMITH, P. J.; WILSON, R. C. L. (1984). *Vamos Compreender a Terra*. Coimbra. Livraria Almedina.

GIJÓN, A. C. (1988). La Geología como área interdisciplinar. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp .367-387.

GOLDSMITH, D. F. (1994). Health Effects of Silica dust Expure. *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*. Vol.29. pp. 546-606.

GOMES, M. E. P. (1996). *Mineralogia, Petrologia e Geoquímica das Rochas Granitóides da área de Rebordelo – Bouça – torre D. Chama – Agrochão e as mineralizações associadas*. UTAD, Centro de Geociências. Vila Real. Tese de doutoramento, 323 pp.

GONZALEZ, V. (1990). A Industria Extractiva e o Ambiente. *Boletim de Minas*, n.º 27 (3). pp.311-323.

GUNTER, E. M. (1999). Quartz – The Most Abundante Mineral Species in the Earth's Crust and a Human Carcinogen? *Journal of Geoscience Education*, volume 47. pp. 341-349

HAMBLIN, W. K.; CHRISTIANSEN, E. H. (2001). *Earth's Dynamic Systems.* NEW Jersey. Prentice Hall.

HERRERO, F.; LUFFIEGO, M.; MILLICUA, M.; MORENO, M.; LOPEZ, M.; ALONSO, F. J.; PERAL, C.; RABADÁN, J. M. (coord.) (2000). Una Propuesta de Curriculum de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Claves para su Aplicación en la aula. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, n.º 3, Vol. 8. pp. 208-214.

HIBBARD, M. J. (1995). *Petrography to Petrogenesis*. New Jersey. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

IGM – INSTITUTO GEOLÓGICO MINEIRO (1993). *Técnicas Analíticas em Geologia – suas aplicações Industriais*. Curso de curta duração, 13-16 Dezembro. pp. 134 (Microssonda).

JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A.; CONDE, L. (1974). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Escala 1: 1 000 000. Memoria Explicativa, 113 pp. Madrid. Intituto Geológico Minero de España.

KERR, P. F. (1959). *Optical Mineralogy*. New York. Mc Graw-Hill.

LADERRIERE, P. (1981). Tendances dans le Domaine de la Formation des Enseignmants: la Formation en Cours de Serviçe (Bilan des Travaux de l'OCDE). *Revue Francaise de Pédagogie*. N.^{os} 55 e 56.

LEITE, M. M. R. (1999). Recursos Minerais – Fonte de Riqueza ou Oportunidade Perdida? *Geonovas* n.º 13. pp.34-39.

LOPES, T. (1997). Informação Legislativa Ambiente. *Portugal Mineral* (49) 2.

LUZÓN, A.; SIRVENT, J.; SORIA, M. (1998a). El aprovechamiento de los recursos naturales en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Una introducción a los estudios de impacto ambiental. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Volume 6, n.º 3. pp. 217-222.

LUZÓN, A.; SIRVENT, J.; SORIA, M. (1998b). Propuesta Didáctica para la Asignatura de Ciencias de La Tierra y el Medio Ambiente: La exploración de recursos minerales y la evaluación de su impacto ambiental. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Volume 6, n.º 3. pp. 258-263.

MACKENZIE, W. S.; DONALDSON, C. H.; GUILFORD, C. (1982). *Atlas of Ígneous Rocks and their Textures*. New York. John Wiley & Sons inc.

MACKENZIE, W. S.; GUILFORD, C. (1980). *Atlas of Rock – Forming minerals in thin Section*. New York. John Wiley & Sons inc.

MANUPELLA, G.; MOREIRA, J. C. B. (1990). Cálcários e Dolomitos de Trás-os-Montes e Alto Douro. Análise dos Graus de Explorabilidade e Utilização. *Estudos, Notas e Trabalhos, D.G.G.M.*. Tomo 32. pp. 3-35.

MARTINS, H. C. B. (1998). *Geoquímica e Petrogénese de Granitóides Biotíticos Tarditectónicos e Pós-tectónicos. Implicações Metalogenéticas.* UTAD. Tese de Doutoramento, 288 pp.

MARTINS, O. R. (1994). Impacto Ambiental de uma Pedreira de Rocha Ornamental. *A Pedra*, n.º 51. pp. 7-11.

MATOS, M. L. F. (1994). A Actividade do Laboratório do IGM no Domínio da Higiene e Segurança na Indústria Extractiva. *Rochas & Equipamentos* (5). pp. 145-170.

MATOSO, A. A.; RAMALHO, M. R. (1992). Recuperação e Reintegração de Pedreiras na Paisagem Anticlinal de Estremoz – Apresentação de um caso concreto. *Geonovas*, n.º especial 1. pp. 109-117.

MEDEIROS, M. F. de; RIBEIRO, E. A. de A.; KRONBAUER, R. L. I. (1994). Uma visão crítica da Educação Ambiental ou só uma Nova Roupagem Ideológica. *Revista Portuguesa de Educação*, n.º 1 e 2. Instituto de Educação – U. Minho. pp.113 -125.

MILLER, C. F.; STODDARD, E. F.; BRADFISH, L. J. e DOLLASE, W. (1981). Composition of plutonic muscovit: genetic implications. *Canad. Miner.*, 19. pp. 25-34.

MIRANDA, A. M. (1990). A Problemática Ambiental e a Exploração de Rochas Ornamentais. *Rochas & Equipamentos*, n.º 20. pp. 46-52.

MONTGOMERY, C. W. (1997). *Fundamentals of Geology.* New Jersey. W. C. B. Hamblim e Christiansen.

MOURA, A. C. (1999). *Rochas Naturais da Galiza – Norte de Portugal: A Realidade Actual e o Futuro*. Comunicação apresentada no 1º Fórum Empresarial Transfronteiriço Minho – Galiza.

MOURA, A. C. (2000). *Catálogo das Rochas Ornamentais Portuguesas*. Porto: Direcção Geral de Geologia e Minas.

MOURA, A. C.; GRADE, J.; MOREIRA, A. (2000). *Rochas Naturais de Trás-os-Montes e Alto Douro: alguns aspectos da Actividade Produtiva. Perspectivas para o Futuro*. Seminário Recursos Naturais para o Desenvolvimento de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD Vila Real.

MOURA, A. C.; GRADE, J.; RAMOS , J. M. F.; MOREIRA, A. D.; GOMES, L. (2000). *Granitos e Rochas Similares de Portugal*. Publicação do Instituto Geológico Mineiro. Porto.

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*. IGM.

NAVARRO, J. A. (1988). Los estudios Medioambientales en las Carreras Técnicas. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp. 437-476.

NAVARRO, N. B.; JURADO, J. R. (1988). V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp. 327-329.

NEIVA, A. M. R, GOMES, M. E. P. (1991). Geochemistry of the granitod rocks and their minerals from Lixa do Alvão – Alfarela de Jales – Tourrencinho (Vila Pouca de Aguiar), Northern of Portugal. *Chemical Geology*, 89. pp. 305-327.

NEIVA, A. M. R. (1983). Geochemistry of granitic rocks and their micas from the West border of the Alvão Plateau, Northern Portugal. *Chemie der Erde*, 42. pp. 31-44.

NEIVA, A. M. R. (1994). Dating and geochemistry of tin-bearing granitic rocks and their minerals from NE of Gerez Mountain, Northern Portugal. *Boletin de la Sociedade Española de Mineralogía,* 17. pp. 65-82.

NORONHA, F. (1996). *Geologia das Rochas Graníticas, o Exemplo Português*. Comunicação apresentada no XVI Curso de Actualização para professores de Geociências.

NORONHA, F.; RAMOS, J. .M. F.; REBELO, J. .A.; RIBEIRO, A.; RIBEIRO, M. L. (1979). Essai de Corrélation des phases de déformation Hercyenne dans le Nord – Ouest Péninsulaire. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*. Vol.XXI. Fasc.II-III. pp. 227-237.

NORRISH, K.; HUTTON, J. T. (1969). An Accurate X-Ray Spectografic Method for the Analysis of a Wide Range of Geological Samples. *Geochim. Cosmochim.* Acta 33. pp. 431-453.

NOVO REGULAMENTO DE SEGURANÇA E HIGIENE NO TRABALHO. (1990). *A Pedra*, n.º 37.

PEREZ, M. P. B.; TEIJEIRO, X. P.; CASAS, D. P. (1988). Experiencias Didácticas sobre o trabalho de campo em Geologia, uma perspectiva interdisciplinar. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* n.º 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. pp. 395-405.

PETTIJOHN, F. J. (1957). *Sedimentary Rocks*. New York. Harper e Row.

PETTIJOHN, F. J.; POTLER, P. E.; SIEVER, R. (1987). *Sand and Sandstone*. New York. Springer.

POSTIC (s/d). A Formação dos Docentes. ***In*** J. VIAL e G. MIALARET. *História Mundial da Educação.* Vol. 4. Porto. Ed. Rés.

PRAIA, J. F. (2000). *Didáctica da Geologia*. Porto: Universidade do Porto – Faculdade de Ciências – Departamento de Geologia.

PRAIA, J.; FUTURO, A.; MARQUES, L.; LEITE, A. (2000). Recursos Naturales para una Educación Ambiental: Qué Relevancia Tienen? Ponencias, conferencias y Talleres del XI Simposio sobre La Enseñanza de Las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, volume 8, n º 1, Santander, Septiembre. pp. 32-37.

PRESS, F.; SIEVER, R. (2000).*Understanding Earth*. New York. W. H. Freeman and Company.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. (1992). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa. Gradiva.

RAGONE, M. (1997). A Tecnologia na actividade Extractiva. *A Pedra*, n.º 64. pp. 87-98.

RAMOS, J. F. (1991). Noções Elementares sobre Rochas. *A Pedra*, n.º 39. pp. 31-42.

REBELO, J. A. (1999). *As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento*. IGM.

RHODES, F. H. T. (1991). *Geology – a Golden Guide.* New York. St. Martin's Press.

RIBEIRO, A. (1974). Contribuition à L'Étude Tectonic de Trás-os-Montes Oriental. *Memória* n.º 24 (Nova série dos Serv. Geol. De Portugal. Lisboa

RIBEIRO, A.; ANTUNES, M. T.; FERREIRA, M. P.; ROCHA, R. B.; SOARES, A. F.; ZBYSZEWSKI, G.; ALMEIDA, F. M. de; CARVALHO, de D.; MONTEIRO, J. H. (1980). *Introduction à la Géologie du Portugal*. Paris. Serviços Geológicos de Portugal.

RODRIGUES, A.; ESTEVES, M. (1993). *A Análise de Necessidades na Formação de Professores*. Porto. Porto Editora.

ROLLINSON, H. R. (1995). *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation.* Essex. Longman Group U. K.

SAINZ, A. C.; SAENZ, E. C.; PEREZ-LORENT, F. (1996). *Itinerário entre Rincón de Sato (La Rioja) Y el Moncayo (Soria-Saragoza).* Livro de Excurciones Geológicas por la Rioja. Gobierno de la Rioja, Instituto de Estudios Riojianos. Logroño. pp.13-22.

SHAND, S. J. (1947). *Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore – deposits.* New York. John Wiley & Sons. 488 pp.

SILVA, M. de L. (1997). *A Docência é uma ocupação Ética;* ***In:*** ESTRELA, M. T. (org.). *Viver e Construir a Profissão Docente.* Colecção Ciências da Educação. Porto. Porto Editora. pp. 161-190.

SILVA, M. M. V. G.; SILVA, C. S. P. S. C.; LOPES, F. L. F.; BARATA, M. A. C. M. (1998). As Rochas Aflorantes entre Coimbra e Carregal do Sal – Uma Aula de Campo para ao Alunos dos Ensinos Básico e Secundário. IGM Comunicações. *Actas do V Congresso Nacional de Geologia.* Tomo 84. Fascículo 2. Lisboa. pp. 90-92.

SILVA, P. B.; MOURA, A. C. (1998). Caracterização Petrográfica e Tectónica do Litotipo Granítico "Azul Tragal" (Bruçó – Mogadouro). IGM Comunicações. *Actas do V Congresso Nacional de Geologia.* Tomo 84. Fascículo 2. Lisboa. pp. 90-92.

SIMÕES, P. M. de M. P. (2000). *Instalação, Geocronologia e Petrogénese de Granitóides Biotíticos Sintectónicos Associados ao Cisalhamento Vigo-Régua (Z.C.I., N de Portugal).* Tese de Doutoramento. Departamento de Ciências da Terra. Braga. Universidade do Minho, 351 pp.

SMITH, T. (coordenador) (1989). *O Sistema Respiratório* . Circulo de Leitores.

SOUSA, L. M. O. (1994). Metodologia para a realização de Estudos de Impacte Ambiental em Pedreiras. *A Pedra* n.º 52. pp. 21-25.

SPEER, J. A. (1984). Micas in Igneous Rocks. ***In*** S. W. BAILEY (eds) *Reviews in Mineralogy.* Vol. 13 (Micas). Mineralogycal Society of America. Washington, D.C. pp. 299-359.

STARTWELL, P.; MAXCY, K.; ROSENAU, M. (1965). *Medicina Preventiva e Saúde Pública.* Fundação Calouste Gulbenkian.

STRECKEISEN, A. L. (1967). Classification and nomenclature of igneous rocks. *Newes Jahrb Mineral*, 107. pp. 144-240.

STRECKEISEN, A. L. (1976). To Each Plutonic Rocks its Proper Name. *Earth Sci. Rev.*, n.º 12. pp. 1-34.

TEIXEIRA, C. (1981). *Geologia de Portugal – Vol. I: Precâmbrico, Paleozóico.* Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian.

TEIXEIRA, R. J. dos S. (2000). *Serpentina, Asbesto e Talco: Impacte Ambiental das suas Explorações no Nordeste de Portugal.* Coimbra. Tese de Mestrado, 247 pp.

TRILLO, J. A. P. (1988). El Paisaje como concepto integrador en el estudio del Medio Ambiente. V Simposio sobre Enseñanza de la Geología, Henares. *Revista de Geología* nº 2, Alcalá de Henares. Revista da Universidade de Alcalá. Alcalá. pp. 455-463.

TRILLO, J. A. P. (2000). Una Teoria de la Tierra y una Teoria del Medio Ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* n.º 3, vol. 8, pp. 184-188.

WILLIAMS, H.; TURNER, F. J.; GILBERT, C. M. (1982). *Petrografia: Uma Introdução ao Estudo das Rochas em Secções Delgadas.* São Paulo. Editora Polígono.

WYLLIE, P. J. (1988). *A Terra: Nova Geologia Global.* Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian.

YODER, H. S.; EUGESTER, H. P. (1955). Synthetic and natural muscovites. *Geochim. Cosmochim.* Acta 8. 225-280 pp.

ANEXOS

Quadro 1 - Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas nas biotites das amostras.

% peso	Amostra 1(FV1) - Gr. perto de s. Adrião				Amostra 2 (FV2) - Gr.Fonte Colaço/Medronheiro							Amostra 3 (FV3) - Gr. de Caçarelhos
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	
F	0.73	0.91	0.98	1.03	1.32	0.73	1.22	0.84	1.33	1.22	1.15	
Na2O	0.08	0.10	0.09	0.08	0.11	0.13	0.08	0.09	0.06	0.06	0.07	
MgO	5.56	5.43	5.80	5.51	7.57	7.60	7.73	7.61	7.93	7.66	7.82	
Al2O3	19.89	19.89	20.44	21.44	18.99	18.90	19.10	18.49	19.18	19.02	18.45	
SiO2	34.30	34.45	35.13	34.48	36.50	35.45	36.12	35.98	36.75	36.35	36.78	
P2O5	0.06	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	
K2O	8.79	9.22	9.26	8.99	9.18	9.40	9.17	9.27	9.18	8.84	9.77	
CaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TiO2	2.70	3.20	2.60	3.29	2.90	2.87	2.86	3.00	2.36	3.18	2.71	
MnO	0.15	0.34	0.28	0.24	0.29	0.32	0.31	0.27	0.32	0.39	0.41	
FeOt	22.86	22.89	22.61	23.04	18.50	18.73	18.90	19.51	18.80	19.11	20.04	
Total	95.12	96.43	95.38	94.37	95.36	94.14	95.50	95.08	95.93	95.83	97.18	
número de iões com base em 22 equivalentes de oxigénio												
Si	5.35	5.32	5.36	5.22	5.54	5.49	5.53	5.52	5.59	5.55	5.57	
Al(IV)	2.65	2.68	2.64	2.78	2.46	2.51	2.47	2.48	2.41	2.45	2.43	
Z	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	
Al (VI)	1.01	0.94	1.04	1.05	0.94	0.94	1.03	0.86	1.03	0.97	0.86	
Ti	0.32	0.37	0.29	0.37	0.33	0.33	0.33	0.35	0.27	0.37	0.31	
Fe (t)	2.98	2.96	2.89	2.92	2.35	2.43	2.42	2.55	2.39	2.44	2.54	
Mn	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	
Mg	1.29	1.25	1.32	1.24	1.71	1.77	1.76	1.74	1.76	1.74	1.76	
Y	**5.62**	**5.56**	**5.58**	**5.61**	**5.37**	**5.51**	**5.58**	**5.57**	**5.52**	**5.57**	**5.55**	
Ca	-	-	-	vest.	-	-	-	-	-	-	-	
Na	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	
K	1.75	1.82	1.80	1.74	1.78	1.81	1.79	1.81	1.78	1.72	1.89	
X	**1.77**	**1.85**	**1.83**	**1.76**	**1.81**	**1.83**	**1.81**	**1.84**	**1.80**	**1.74**	**1.91**	

Quadro 2 - Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas nas moscovites.

% peso	Amostra 1 (FV1)			Amostra 2 (FV2)			Amostra 3 (FV3)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F	0.49	0.20	0.31	0.25	0.19	0.35	0.48	0.44	0.47
Na2O	0.73	0.85	0.69	0.72	0.73	0.69	0.75	0.64	0.64
MgO	0.74	0.70	0.55	0.89	0.80	0.74	0.80	0.79	0.89
Al2O3	35.58	35.59	35.67	35.48	36.22	35.69	35.81	35.64	36.08
SiO2	45.50	44.86	44.97	47.09	47.43	46.96	45.16	45.38	46.02
P2O5	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.06	0.06	0.05	0.07
K2O	9.44	9.54	9.40	9.95	9.67	10.14	9.66	9.26	9.68
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
TiO2	0.39	0.59	0.91	0.52	0.37	0.91	0.55	0.84	0.47
MnO	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	0.08	0.00	0.01
FeOt	1.22	1.04	0.94	1.05	1.07	0.91	1.13	1.27	1.25
Total	94.09	93.42	93.47	95.96	96.53	96.44	94.48	94.31	95.58
número de iões com base em 22 equivalentes de oxigénio									
Si	6.13	6.08	6.08	6.21	6.22	6.17	6.08	6.09	6.11
Al(IV)	1.87	1.92	1.92	1.79	1.78	1.83	1.92	1.91	1.89
Z	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**	**8.00**
Al (VI)	3.78	3.76	3.77	3.72	3.81	3.70	3.76	3.73	3.76
Ti	0.04	0.06	0.09	0.05	0.04	0.09	0.06	0.08	0.05
Fe (t)	vest.	0.12	0.11	0.12	0.12	0.10	0.13	0.14	0.14
Mn	-	vest.	vest.	vest.	vest.	-	vest.	-	-
Mg	0.15	vest.	0.11	0.17	0.16	0.15	0.16	0.16	0.18
Y	**3.97**	**3.94**	**4.08**	**4.06**	**4.13**	**4.04**	**4.11**	**4.11**	**4.13**
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	0.19	0.22	0.18	0.18	0.02	0.18	0.19	0.17	0.16
K	1.62	1.65	1.62	1.67	1.62	1.69	1.66	1.59	1.64
X	**1.81**	**1.87**	**1.80**	**1.85**	**1.64**	**1.87**	**1.85**	**1.76**	**1.80**

Quadro 3 - Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas no feldspato K.

% peso	Amostra 1 (FV1)		Amostra 2 (FV2)						Amostra 3 (FV3)		
	1	2	1	2	3	4	5	6			
F	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.30	0.04	0.10
Na2O	0.75	0.69	0.95	1.00	0.42	0.89	0.65	0.89	0.75	0.78	0.46
MgO	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
Al2O3	18.69	18.56	18.86	18.92	19.29	18.80	18.66	18.75	19.02	18.91	19.05
SiO2	64.19	64.51	63.64	65.26	65.5	64.16	63.47	65.73	65.47	62.80	62.49
P2O5	0.29	0.15	0.17	0.12	0.14	0.16	0.18	0.14	0.16	0.21	0.23
K2O	15.69	15.72	14.75	14.74	14.71	14.57	14.82	15.51	15.51	15.82	15.98
CaO	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00
TiO2	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
MnO	0.06	0.00	0.02	0.01	0.06	0.02	0.04	0.00	0.03	0.02	0.05
FeOt	0.04	0.05	0.11	0.03	0.06	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04
Total	99.75	99.77	98.64	100.10	100.19	98.67	97.87	100.12	101.28	98.60	98.39
número de iões com base em 32 equivalentes de oxigénio											
Si	11.88	11.93	11.88	11.96	11.96	11.80	11.92	11.97	11.93	11.79	11.77
Al	4.08	4.05	4.15	4.09	4.15	4.08	4.13	4.03	4.09	4.19	4.23
Ti	-	vest.	vest.	-	-	vest.	-	vest.	-	vest.	-
Fe (t)	vest.	vest.	0.02	vest.	vest.	vest.	vest.	-	-	-	vest.
Mn	vest.	-	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.	-	vest.	vest.	vest.
Mg	vest.	-	vest.	-	vest.	vest.	-	-	vest.	vest.	-
P	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04
Z	**16.00**	**16.00**	**16.08**	**16.07**	**16.13**	**15.90**	**16.07**	**16.01**	**16.04**	**16.01**	**16.04**
Ca	vest.	vest.	-	vest.	-	vest.	vest.	vest.	vest.	-	-
Na	0.27	0.25	0.34	0.35	0.15	0.32	0.24	0.32	0.26	0.28	0.17
K	3.71	3.71	3.51	3.45	3.43	3.42	3.55	3.60	3.60	3.79	3.84
X	**3.98**	**3.96**	**3.85**	**3.80**	**3.58**	**3.74**	**3.79**	**3.92**	**3.86**	**4.07**	**4.01**

Quadro 4 - Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural efectuadas nas plagioclases das amostras.

% peso	Amostra 1 (FV1)			Amostra 2 (FV2)						Amostra 3 (FV3)		
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3
F	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.15	0.00	0.00	0.02	0.12	0.08
Na2O	11.34	10.89	11.14	8.31	9.82	5.40	4.13	9.13	8.19	11.36	11.28	11.76
MgO	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Al2O3	20.44	21.44	20.57	23.54	22.01	20.43	21.80	23.24	24.58	20.42	20.25	19.91
SiO2	65.47	63.90	67.72	61.12	65.39	71.13	69.73	64.45	61.94	68.52	66.15	67.03
P2O5	0.20	0.66	0.23	0.07	0.24	0.04	0.03	0.18	0.02	0.09	0.08	0.00
K2O	0.10	0.19	0.19	0.17	0.17	0.12	0.10	0.16	0.12	0.17	0.15	0.08
CaO	0.81	1.26	1.00	4.70	2.08	0.43	1.27	4.03	5.89	1.04	0.69	0.17
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01
FeOt	0.00	0.01	0.06	0.04	0.00	0.00	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.04
Total	98.39	98.35	100.91	97.95	99.74	97.61	97.33	101.34	100.77	101.63	98.78	99.09
número de iões com base em 32 equivalentes de oxigénio												
Si	11.66	11.41	11.76	11.04	11.49	12.40	12.15	11.22	10.91	11.82	11.75	11.85
Al	4.29	4.51	4.21	5.01	4.55	4.20	4.48	4.77	5.10	4.15	4.24	4.15
Ti	-	-	-	-	vest.	-	-	vest.	vest.	-	vest.	-
Fe (t)	-	-	vest.	vest.	-	vest.	vest.	0.01	-	-	-	vest.
Mn	-	-	-	-	-	vest.	-	vest.	-	-	vest.	vest.
Mg	vest.	vest.	-	-	-	vest.	vest.	vest.	-		vest.	-
P	0.03	0.09	0.03	vest	0.04	vest.	vest.	0.03	vest	0.12	0.01	-
Z	**15.98**	**16.01**	**16.00**	**16.05**	**16.08**	**16.60**	**16.63**	**16.03**	**16.01**	**16.09**	**16.00**	**16.00**
Ca	0.15	0.24	0.19	0.91	0.39	0.08	0.24	0.75	1.11	0.19	0.13	0.03
Na	3.92	3.77	3.75	2.84	3.34	1.83	1.39	3.08	2.79	3.79	3.95	4.03
K	0.02	vest.	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02
X	**4.09**	**4.01**	**3.98**	**3.79**	**3.77**	**1.94?**	**1.65?**	**3.87**	**3.93**	**4.02**	**4.11**	**4.08**

Quadro 5 - Composição química à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural efectuadas na clorite das amostras estudadas.

% peso	Amostra 1 (FV1)	Amostra 2 (FV2)	Amostra 3 (FV3)		
	1		1	2	3
F	0.07		0.11	0.31	0.36
Na2O	0.04		0.05	0.01	0.00
MgO	8.11		7.49	8.55	8.67
Al2O3	21.18		21.77	20.63	20.23
SiO2	25.19		24.85	24.63	25.34
P2O5	0.00		0.02	0.00	0.03
K2O	0.06		0.09	0.05	0.03
CaO	0.04		0.01	0.04	0.05
TiO2	0.13		0.10	0.08	0.04
MnO	0.31		0.29	0.55	0.57
FeOt	31.35		33.05	33.36	32.06
Total	86.48		87.83	88.22	87.39
número de iões com base em 28 equivalentes de oxigénio					
Si	5.55		5.46	5.43	5.59
Al(IV)	2.45		2.54	2.57	2.41
	8.00		**8.00**	**8.00**	**8.00**
Al(VI)	3.05		3.10	2.79	2.85
Fe(t)	5.85		6.07	6.15	5.91
Mg	2.66		2.45	2.81	2.85
	11.56		**11.62**	**11.75**	**11.61**

Quadro 6- Composição química obtida à microssonda electrónica e respectiva fórmula estrutural de análises efectuadas na apatite da amostra 2.

% *peso*	Amostra 1 (FV1)	Amostra 2 (FV2)	Amostra 3 (FV3)
		1	
F		7.79	
Na2O		0.18	
MgO		0.00	
Al2O3		0.03	
SiO2		0.04	
P2O5		33.68	
K2O		0.00	
CaO		50.66	
TiO2		0.00	
MnO		0.66	
FeOt		0.57	
Total		93.27	
número de iões com base em 26 equivalentes de oxigénio			
Si		vest.	
Al		vest.	
Ti		-	
Fe (t)		0.09	
Mn		0.11	
Mg		-	
Ca		11.84	
Na		0.07	
K		-	
P		**5.56**	

UNIVERSIDADE DO PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
BIBLIOTECA