

Universidade da Madeira - Departamento de Biologia



Mestrado em Ciências da Terra e da Vida

**Património Natural da Ilha da Madeira.
Estudo de um local de interesse geológico:
Cone de Piroclastos da N^a Sr.^a da Piedade**

Eunice Raquel Andrade Aguiar de Canha

Licenciatura em Professores do Ensino Básico - variante em
Matemática e Ciências da Natureza

Dissertação orientada pelos Professores Doutores
António Brum Silveira e Susana Prada para
obtenção do grau mestre em Ciências da Terra e
da Vida, na especialidade de Geologia



PROGRAMA
OPERACIONAL



CITMA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA



UNIÃO EUROPEIA
FUNDO SOCIAL

Outubro 2007

ÍNDICE

Resumos _____	VII
Agradecimentos _____	XI

Capítulo I. Introdução _____	1
I.1 A Conservação da Natureza e o Arquipélago da Madeira _____	3
I.2 Objectivos do trabalho e métodos de estudo _____	4
Capítulo II. Património Geológico e Geoconservação _____	9
II.1 Definição de conceitos _____	11
II.1.1 Introdução _____	11
II.1.2 Património Natural _____	11
II.1.3 Geodiversidade _____	12
II.1.4 Património Geológico e Geossítio _____	13
II.1.5 Geoconservação _____	14
II.2 O Património Geológico e Legislação _____	15
II.2.1 A Carta de Digne _____	15
II.2.2 A Legislação Nacional _____	17
II.2.3 A Região Autónoma da Madeira _____	19
II.2.4 A Região Autónoma dos Açores _____	21
II.3 Geoconservação _____	22
II.3.1 Estratégias de Geoconservação _____	22
II.3.2 Inventariação _____	24
II.3.3 Quantificação _____	29
II.3.4 Processos de Classificação _____	32
II.3.5 Conservação de Geossítios _____	34
II.3.6 Valorização e Divulgação _____	34

II.3.7 Monitorização	36
Capítulo III. Turismo Geológico	37
III.1 Ecoturismo	39
III.2 Geoturismo	40
III.3 Alguns exemplos de geoturismo	41
III.4 Geoturismo na Ilha da Madeira	43
Capítulo IV. Vulcanismo	46
IV.1 Introdução	47
IV.2 Uma breve história do vulcanismo	48
IV.3 Vulcões, magma e lava	52
IV.4 Rochas ígneas ou magmáticas	54
IV.5 A génese dos magmas	55
IV.6 Ascensão do magma	56
IV.6.1 Propriedades físicas do magma	56
IV.6.2 Mecanismos de ascensão	57
IV.6.3 Câmaras magmáticas	57
IV.6.4 Voláteis no magma	59
IV.6.5 Processos de diferenciação magmática	59
IV.6.5.1 Imiscibilidade dos líquidos	60
IV.6.5.2 Cristalização fraccionada	60
IV.6.5.3 Assimilação do encaixante	61
IV.6.5.4 Mistura de magmas	61
IV.6.6 Séries de Bowen	61
IV.7 Ambientes geodinâmicos do vulcanismo	64
IV.8 Erupções vulcânicas	68
IV.8.1 A actividade eruptiva	68
IV.8.2 Tipos de actividade eruptiva	70
IV.8.3 Estilos eruptivos	71
IV.8.3.1 Estilo havaiano	73
IV.8.3.2 Estilo estromboliano	73

IV.8.3.3 Estilo vulcaniano _____	75
IV.8.3.4 Estilo surtesiano _____	75
IV.8.3.5 Estilo peleano _____	76
IV.8.3.6 Estilo pliniano _____	78
IV.8.4 O índice de explosividade vulcânica (IEV) _____	78
IV.9 Materiais vulcânicos _____	79
IV.9.1 Introdução _____	79
IV.9.2 Os materiais vulcânicos efusivos _____	80
IV.9.2.1 Escoadas lávicas _____	80
IV.9.2.2 Estrutura interna das lavas _____	81
IV.9.2.3 Morfologia das escoadas lávicas _____	83
IV.9.3 Materiais vulcânicos explosivos _____	85
IV.9.3.1 Piroclastos _____	85
IV.9.3.2 Piroclastos de queda _____	87
IV.9.3.3 Escoadas piroclásticas _____	87
IV.9.3.4 Depósitos de “surge” _____	88
IV.10 Morfologia e estrutura dos vulcões _____	90
IV.10.1 Introdução _____	90
IV.10.2 Vulcões monogenéticos _____	90
IV.10.3 Cone de piroclastos ou cone de escórias _____	92
IV.10.4 Cone de tufos, anéis de tufos e maars _____	92
IV.10.5 Vulcões poligenéticos _____	94
IV.10.6 Estratovulcões _____	94
IV.10.7 Vulcões escudo _____	96
IV.10.8 Caldeiras de colapso _____	96
Capítulo V. O Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade _____	99
V.1 Introdução _____	101
V.2 Localização geográfica e Acessos _____	104
V.3 Enquadramento Geotectónico da Madeira _____	104
V.4 Enquadramento Geológico da Ponta de S. Lourenço _____	106
V.4.1 Complexo Vulcânico Principal _____	108

V.4.2 Formação de Porto da Cruz_____	108
V.4.3 Complexo Vulcânico Principal_____	112
V.4.4 Tectónica da Ponta de S. Lourenço_____	112
V.5 Descrição e Caracterização do Geossítio _____	114
V.6 Vertente Cultural do Geossítio_____	120
V.7 Ficha de Inventariação_____	122
V.8 Proposta de Quantificação_____	137
Capítulo VI. Conclusões_____	145
Bibliografia_____	147
Anexos _____	159

Resumo

O Arquipélago da Madeira possui um Património Natural de excepcional valor, rico em Biodiversidade e Geodiversidade, que deve ser conhecido e divulgado internacionalmente, assim como deve ser conservado e preservado para as gerações vindouras.

No que respeita à Geodiversidade, a Madeira é dotada de uma variedade geológica de grande interesse, cujo valor cultural, económico e turístico, a torna numa mais valia para a região. Deste modo há que estudar, divulgar e preservar alguns locais de excepcional interesse geológico, elevando-os à categoria de Património Geológico. Neste sentido e no seguimento da política ambiental desenvolvida pelo Governo Regional, traduzida no Decreto Legislativo Regional N.º 24/2004/M de 28 de Agosto de 2004, elaborou-se uma síntese sobre os conceitos de “Património Geológico” e “Geoconservação”, reunindo toda a informação possível sobre o seu enquadramento legislativo, a nível nacional e regional.

Sendo a ilha da Madeira de origem vulcânica, foi efectuada uma síntese sobre o Vulcanismo de modo a criar uma base sólida de informação didáctica, tendo em vista a elaboração de documentos de apoio (manuais, brochuras ou painéis interpretativos) destinados ao público que possa visitar este ou outros locais de interesse geológico no Arquipélago da Madeira.

Neste âmbito, divulga-se um geossítio, designado por “Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade”, cujo principal tipo de interesse é simultaneamente vulcanológico e geomorfológico: neste local, os processos de erosão costeira associados à evolução e recuo da arriba litoral actual cortaram, aproximadamente pela metade, um cone de piroclastos basálticos, de morfologia de construção ainda bem conservada, revelando de modo excepcional as condutas alimentadoras, bem como, numerosos aspectos da sua estrutura interna, produtos vulcânicos e etapas de edificação.

Tendo como objecto de estudo aquele geossítio, elaborou-se uma ficha de inventariação (PROGEO) e efectuou-se um ensaio de quantificação, de modo que este local seja considerado na estratégia de inventariação e classificação do Património Geológico da Região Autónoma da Madeira.

Palavras chave: Geodiversidade, Geoconservação, Vulcanismo, Cone de piroclastos, Património Geológico, Geoturismo.

Abstract

Madeira archipelago presents a Natural Heritage of exceptional value, rich in Biodiversity and Geodiversity, which deserves to be studied and made known to the national and international public, as well as protected and preserved for future generations.

From the Geodiversity point of view, Madeira presents an interesting variety of geologic aspects, whose cultural, economic and touristic values constitute important assets for the region. Thus, the sites and areas of exceptional geologic interest must be studied, preserved, divulged, and proposed to be classified as Geologic Heritage.

With this scope in mind, and following the environmental policies implemented by the Regional Government, translated into law by the Regional Legislative Decree Nº 24/2004/M of August 28, 2004, a synthesis of the concepts of “Geologic Heritage” and “Geoconservation” was elaborated, gathering all available information on its legislative setting at the regional and national level.

Because Madeira is a volcanic island, a synthesis about the main aspects of volcanism was prepared in order to create a solid base of didactic information, aiming at the elaboration of documents of support (textbooks, brochures, and interpretative panels) directed to the use of the public visiting these and other sites of geological interest in Madeira archipelago.

In the sequence of this work, a Geosite was studied as an example of the process of study, preservation, divulgation and proposal to classification. The site is the “Sra da Piedade Scoria Cone”, whose main interests are volcanologic and geomorphologic: in this place, the processes of marine erosion carved a sea cliff that cuts in half a young scoria cone with well preserved morphology, revealing, in an exceptional outcrop, several aspects of its internal structure and its volcanic products. These aspects allow the interpretation of the constructional phases of the cone.

In order to prepare the submission to classification as Geologic Patrimony of the Autonomous Region of Madeira, an inventory file for this site (based in the PROGEO proposals), which includes an attempt of parameters quantification, was produced.

Key words: Geodiversity, Geopreservation, Volcanism, Scoria Cone, Geologic Heritage, Geotourism.

Agradecimentos

Após a conclusão da componente curricular do Curso de Mestrado em Ciências da Terra e da Vida, na Universidade da Madeira, seguiu-se a decisão sobre o tema de dissertação e a conseqüente elaboração do respectivo plano de estudos/trabalho. Esta escolha acabou por incidir na área da Geologia e, primeiramente, o tema da presente dissertação intitulava-se “*Património Natural da Ilha da Madeira: estudo de alguns locais de interesse geológico*”. Este tema foi sugerido pelo Professor Doutor António Brum da Silveira, orientador da presente dissertação. Os locais a estudar neste âmbito seriam: o Cone de Piroclastos da Nossa Senhora da Piedade (um exemplo de vulcanismo) e o Modelado Glaciário/Periglaciário do Sítio das Pedras (um exemplo de geomorfologia/glaciarismo). Porém, no decorrer da elaboração da dissertação, verificou-se que a complexidade científica e polémica gerada em torno do Sítio das Pedras ultrapassavam os objectivos iniciais, pelo que se alterou o plano de trabalhos inicial. Deste modo, reforçou-se a componente teórica do Vulcanismo de modo a beneficiar o enquadramento científico do primeiro local de interesse geológico acima referido. Note-se que, ainda assim, o Sítio das Pedras constou de uma publicação apresentada no 3º Congresso de Geomorfologia – Dinâmicas Geomorfológicas. Metodologias. Aplicação, organizada pela Associação de Geomorfólogos e que decorreu entre os dias 12 e 14 de Outubro do ano de 2006. Ainda que este local, já não conste da presente dissertação, pretende-se dar continuidade aos trabalhos já iniciados.

Deste modo, o tema final da dissertação passou a ser: “Património Natural da Ilha da Madeira. Estudo de um local de interesse geológico: Cone de Piroclastos da Nª Sra. Da Piedade”.

O gosto pelas questões da Geologia foi suficiente para facilitar a realização dos trabalhos, no entanto, a falta de formação de base e o facto de manter a actividade profissional simultaneamente ao desenvolvimento da dissertação constituíram uma grande dificuldade que foi contornada, o melhor possível, com a ajuda de inúmeras pessoas e identidades, as quais quero prestar um profundo agradecimento.

Ao Professor Doutor António Brum da Silveira, orientador desta dissertação, um excelente profissional, pela sua constante disponibilidade e fiel interesse, pelas suas inúmeras críticas, sugestões e esclarecimentos que favoreceram sempre o bom desenvolvimento dos estudos e trabalhos efectuados. É de salientar a sua colaboração imprescindível nas discussões de gabinete bem como no decurso dos trabalhos de campo, conduzindo as tarefas de uma forma organizada e inspiradora face aos seus profundos conhecimentos em Geologia.

À Professora Doutora Susana Prada, co-orientadora desta dissertação, pela simpatia, prontidão, sugestões e orientações dadas no decorrer da elaboração da mesma.

Ao CITMA (Centro de Ciência e Tecnologia da Madeira) por ter prestado apoio financeiro no âmbito do Programa Operacional Plurifundos da Região Autónoma da Madeira (POPRAM 2000-2006) associado ao Fundo Social Europeu.

À Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais pela disponibilização de informações, contactos e de mapas.

Ao Departamento de Biologia da Universidade da Madeira, em especial ao incansável Énio Freitas, que proporcionou as condições de ordem institucional, logística e financeira para a prossecução de estudos.

Aos Professores Doutores José Madeira e Paulo Fonseca pelo facto de permitirem que os acompanhasse em trabalhos de campo e pelos esclarecimentos e informações que se disponibilizaram fornecer.

À Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em particular ao Departamento de Geologia pela disponibilização das cartas geológicas e de outros materiais utilizados em trabalho de campo.

Ao CEM – Centro de Estudos da Macaronésia por ter disponibilizado diversos materiais de apoio.

À Câmara Municipal da Ribeira Brava por ter facultado alguns documentos legislativos referenciados e discutidos nos textos da dissertação.

Aos meus queridos pais e irmão pela sua extrema amizade, compreensão, benevolência, pela sua presença e encorajamento, pelo apoio e sobretudo, por nunca deixarem que me sentisse sozinha neste percurso.

A toda a restante família pela preocupação e interesse no meu trabalho e pela compreensão das minhas ausências nos seus calorosos convívios.

Aos meus alunos, que diziam que a professora gostava muito de rochas, pelo carinho e admiração que me foram dedicadas.

Aos colegas e amigos que durante a realização deste trabalho não foram modestos em palavras de encorajamento e em especial, à Cláudia Diogo pela sua amizade e optimismo e por, mesmo sem perceber quase nada de Geologia, nas suas horas livres, nunca me ter deixado ir sozinha para o campo.

A todos aqueles que embora não referidos, contribuíram para que fosse possível a concretização deste trabalho.

O meu, sincero, obrigado.

CAPÍTULO I.

INTRODUÇÃO

I. INTRODUÇÃO

I.1. A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E O ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA

Portugal encontra-se entre os países do espaço europeu com maior riqueza natural e paisagística. Apesar da sua área geográfica ser relativamente pequena, o conjunto dos seus territórios, continental e insulares, apresenta uma multiplicidade de *habitats* e endemismos, uma enorme variedade de rochas, minerais e formas de relevo. Toda esta biodiversidade e geodiversidade resultam de uma complexa história de evolução biológica e geológica ocorrida numa situação geográfica particular, em que o Oceano Atlântico exerce uma notória influência dominante.

O território do Arquipélago da Madeira é um excelente exemplo do que foi dito anteriormente, uma vez que esta região possui um Património Natural de excepcional valor que não só deve ser *conhecido* e *divulgado* internacionalmente, como deve ser *conservado* e *preservado* para as gerações vindouras.

Neste sentido, e de acordo com objectivos internacionais, as estratégias de “*Conservação da Natureza*” no Arquipélago da Madeira devem procurar visar um conjunto de estudos, acções, intervenções políticas e legislativas que permitam a manutenção dos equilíbrios intrínsecos aos sistemas e ecossistemas terrestres e a preservação dos processos naturais, protegendo o património biótico e abiótico (geológico) contra todas as formas de degradação.

Uma vez que a Geodiversidade é o suporte de todos os ecossistemas e, conseqüentemente, de toda a Biodiversidade, torna-se necessário conhecer e preservar o seu valor e o seu papel na dinâmica do nosso Planeta e da própria Vida. Tal pode ser concretizado numa perspectiva integrada de abordagem científica e pedagógica, promovendo o conhecimento sobre os objectos de estudo geológicos, sua valorização, preservação e repercussão na sociedade.

No âmbito da Conservação da Natureza e do Ambiente individualizaram-se, assim, os conceitos de *Património Geológico* e de *Geoconservação*. Apesar da abundante divulgação por parte de diversos investigadores (Galopim de Carvalho, 1999; Brilha, 2005), estes conceitos são, nos dias de hoje, pouco conhecidos pela sociedade em geral, inclusive por grande parte dos agentes educativos.

A Região Autónoma da Madeira (RAM) é dotada de uma variedade geológica de grande interesse, cujo valor cultural, económico e turístico, a torna numa mais valia para a região. Deste modo há que estudar, divulgar e preservar alguns locais de excepcional interesse geológico, elevando-os à categoria de Património Geológico. Neste sentido e no âmbito da política ambiental desenvolvida pelo Governo Regional, encontra-se em desenvolvimento um projecto de identificação, inventariação, quantificação, classificação, documentação e divulgação de locais de interesse geológico que surge na aplicação do Decreto Legislativo Regional N.º 24/2004/M de 28 de Agosto de 2004 (Anexo I), que visa entre outros, estabelecer objectivos para a conservação e preservação do Património Geológico desta região.

I.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO E MÉTODOS DE ESTUDO

No seguimento do atrás exposto, os objectivos principais desta dissertação são os seguintes:

- a) Desenvolver um conjunto de trabalhos com vista à descrição e caracterização de alguns *locais de interesse geológico* (LIG) susceptíveis de serem classificados como *Monumentos Naturais Regionais*; com este intuito seleccionou-se um sítio específico, designado por “*Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade*”, localizado na Ponta de S. Lourenço, ilha da Madeira, focando os seus aspectos geológicos e geomorfológicos considerados de excepcional valor (Fig. I.1; Fig. I.2; Fig. I.3);
- b) Propor a inclusão deste LIG em roteiros ou itinerários classificados, tais como didácticos, turísticos ou recreativos;

Para além destes, foram ainda tidos os seguintes objectivos complementares:

- c) Elaborar uma síntese teórica sobre os conceitos de “Património Geológico” e “Geoconservação”, reunindo toda a informação possível sobre o seu enquadramento legislativo, a nível nacional e regional.

- d) Elaborar uma fundamentação teórica, organizada num texto e ilustrada com diversas imagens e esquemas explicativos, sobre conceitos básicos na área da Vulcanologia, de modo a caracterizar o principal objecto geológico estudado (“*Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade*”) e reunir informação didáctica sobre aspectos da vulcanologia tendo em vista a possível elaboração de brochuras e documentos de apoio ao público que possa visitar este ou outros locais de interesse geológico no Arquipélago da Madeira.
- e) Reunir informação de modo a proporcionar e/ou contribuir para a sensibilização e formação de público diverso para a necessidade de preservação das áreas naturais e dos objectos geológicos com valor patrimonial na Ilha da Madeira, recorrendo ao uso de painéis interpretativos;

Para levar a cabo estes propósitos foi necessário integrar diferentes domínios de investigação em Geologia, nomeadamente a Vulcanologia e Geomorfologia, efectuando trabalhos no gabinete e reconhecimentos no campo. Apesar das dificuldades que advêm do facto da autora desta dissertação não possuir formação de base em Geologia, mas sim, uma Licenciatura em “Ensino Básico com variante em Matemática e Ciências da Natureza”, foram efectuadas, no conjunto, as seguintes tarefas:

1. Trabalhos de Campo:

- Observação directa de afloramentos geológicos e formas de relevo;
- Identificação e caracterização de produtos vulcânicos;
- Identificação de paleossolos e processos de alteração envolvidos;
- Identificação de discontinuidades e definição de etapas de construção vulcânica;

2. Trabalhos de Gabinete:

- Pesquisa bibliográfica;

- Análise cartográfica do relevo a partir de mapas topográficos a várias escalas;
- Elaboração de perfis topográficos rigorosos, cortes geológicos expeditos, esquemas e esboços geomorfológicos;
- Observação e interpretação de fotografia aérea e imagem de satélite (Google Earth);

Neste estudo consultaram-se os seguintes documentos de base cartográfica:

- Carta Militar de Portugal na escala 1:25.000, Folha 5, Curral das Freiras (Ilha da Madeira), Série P821, Edição 1 (1975) e Edição 2 (2003);
- Carta Militar de Portugal na escala 1:25.000, Folha 7, Machico (Ilha da Madeira), Série P821, Edição 1 (1974) e Edição 2 (2003);
- Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000, Ilha da Madeira, Folhas A e B, editada pelos Serviços Geológicos de Portugal;
- Carta Topográfica da Ilha da Madeira na escala 1:10.000, Folhas 0701 e 0703, Levantamento aerofotogramétrico por via numérica, editado na Divisão de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais – SRA.



Fig. I.1 Localização do Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade, na Ponta de S. Lourenço, Madeira.



Fig. I.2 Vista geral do Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade, com um filão alimentador, visto do mar.



Fig. I.3 O Cone de Piroclastos e a Capela da Sr.ª da Piedade, visto de Norte para Sul.

CAPÍTULO II.

PATRIMÓNIO GEOLÓGICO E GEOCONSERVAÇÃO

II. PATRIMÓNIO GEOLÓGICO E GEOCONSERVAÇÃO

II.1. DEFINIÇÃO DE CONCEITOS

II.1.1. Introdução

Ao abordar o tema “Património Geológico e Geoconservação”, nas várias consultas bibliográficas efectuadas, verificou-se a existência de uma grande variedade de termos para designar conceitos com significados por vezes idênticos. Este facto pode originar alguma confusão e interpretações menos correctas por parte do leitor.

No sentido de clarificar alguma da terminologia utilizada ao longo do presente trabalho apresentam-se, de seguida, definições de conceitos adoptados nesta dissertação, assim como, algumas notas e comentários que contribuam para a sua melhor compreensão.

II.1.2. Património Natural

Na Convenção para a Protecção do Património Mundial Cultural e Natural (*World Heritage Convention*, artigo 2º, 1972) definiu-se “*Património Natural*” como “o conjunto dos monumentos naturais constituídos por formações físicas e biológicas, ou por grupos de tais formações, com valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico. As formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas que constituem *habitat* de espécies animais e vegetais ameaçadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência ou da conservação. Os locais de interesse natural ou zonas naturais estritamente delimitadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, conservação ou beleza natural”.

II.1.3. Geodiversidade

O termo *Geodiversidade* surgiu por ocasião da Conferência de Malvern sob o tema “Conservação Geológica e Paisagística”, realizada no Reino Unido no ano de 1993 (Gray, 2004).

No presente trabalho adoptou-se a definição da *Royal Society for Nature Conservation*, do Reino Unido, também proposta por J. Brilha (2005): “a Geodiversidade consiste na variedade de ambientes geológicos, fenómenos e processos activos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra”.

Uma vez que o termo é recente, o conceito de geodiversidade não assumiu ainda junto das várias sociedades a sua devida importância (Fig. II.1).

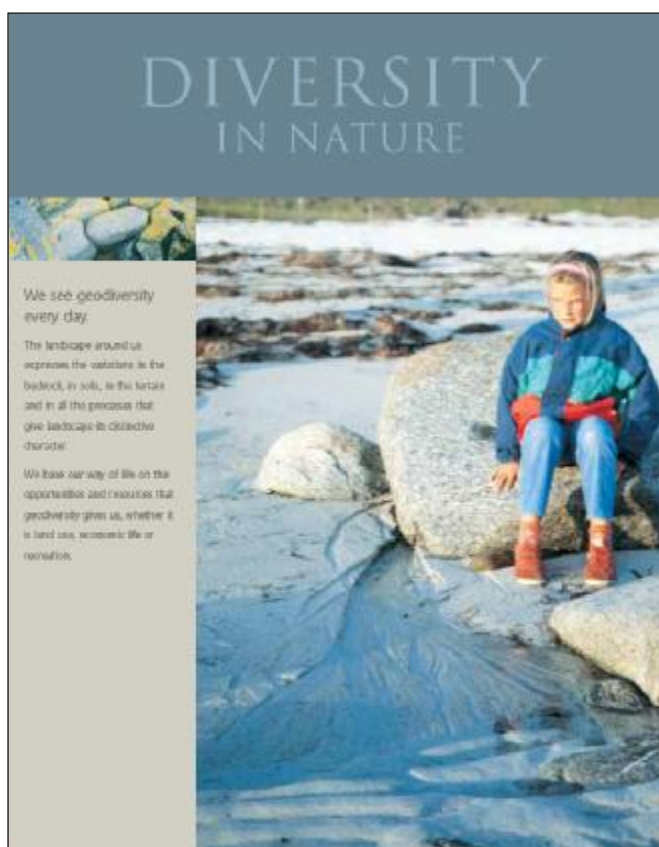


Fig. II.1 Capa de uma brochura divulgada pelo “Nordic Council of Ministers”. O objectivo deste texto foi o de introduzir o termo Geodiversidade na estratégia de Conservação da Natureza dos Países Nórdicos e foi baseado no relatório “Geodiversitet i nordisk naturvård” (Geodiversity in Nordic nature management) (ISBN 92-893-0572-2000). Na capa desta brochura salienta-se a noção de que a Geodiversidade não só se refere à multiplicidade de produtos geológicos (rochas, solos, etc.) mas, também, à variedade de processos que podem ocorrer na natureza a diversas escalas, criando diferentes paisagens; ilustra-se este facto através das semelhanças entre um pequeno canal anastomosado, observado na baixa-mar de uma praia calma, e grandes inundações fluviais. Foto: Lars Erikstad.

No entanto torna-se claro que é urgente preservar a diversidade geológica, uma vez que são muitas as razões que a torna tão importante, como vulnerável. Vejamos alguns destes motivos: é a Geodiversidade que, entre outros, determina a evolução social e económica da civilização, condiciona a biodiversidade, possibilita e

condiciona o desenvolvimento tecnológico das sociedades através da exploração de matérias-primas (rochas e minerais), disponibiliza recursos energéticos (petróleo, carvão, gás natural), determina a qualidade dos recursos hídricos e determina a estética paisagística. Este conjunto de motivos aumenta a importância que a diversidade geológica tem, não só ao nível dos ecossistemas, como, também, ao nível da qualidade de vida humana.

A Geodiversidade tem, também, um valor educacional porque permite a compreensão da evolução da história da Terra através da interpretação dos processos passados, actuais e futuros.

II.1.4. Património Geológico e Geossítio

Entende-se por *Património Geológico* qualquer ocorrência de natureza geológica, tal como um afloramento rochoso, uma pedreira, uma mina abandonada, uma jazida de fósseis, etc. que assuma valor documental e/ou monumental que justifique a sua preservação como herança às gerações vindouras (Galopim de Carvalho, 1999). Nesta definição incluem-se ainda “formações, materiais, estruturas, formas de relevo e paisagens geológicas que, pelo seu valor científico, didáctico, paisagístico, cultural, ou pela sua raridade, se destacam a nível local, regional, nacional ou mesmo internacional” (Galopim de Carvalho, 1999).

Um *Geossítio* (*Geótopo* ou *Geomonumento*) será, então, um local cujas características geológicas possuam valor singular, seja, a nível científico, pedagógico, cultural ou mesmo turístico. O conjunto dos locais de interesse geológico (LIG) de uma determinada região, depois de inventariados e caracterizados (geossítios), constitui o Património Geológico da mesma. A sua importância pode ser justificada pelo facto de constituírem testemunhos do passado da história da Terra, por permitirem o conhecimento da evolução do território e pela exemplificação de fenómenos geológicos, entre outros.

Na elaboração de um inventário para a classificação e catalogação do património geológico é necessário o estabelecimento de uma série de critérios em que se atribui um dado valor (alto, médio, baixo) ao tipo de interesse do local proposto, atendendo à importância do seu conteúdo e possível utilização, seja a

nível científico, pedagógico/didático, cultural ou turístico, tendo ainda em conta a sua representatividade e influência a nível nacional, regional ou local.

Deste modo, os *critérios de interesse científico* de um geossítio referem-se aos elementos de importância geológica excepcional, por exemplo, o conteúdo geomorfológico, vulcanológico, biostratigráfico, geoarqueológico, etc.

Os *critérios de interesse pedagógico/didático* referem-se ao potencial do geossítio na transmissão de informação a um público geral ou a estudantes em contexto escolar.

Consideram-se *critérios de interesse cultural* os elementos geológicos do geossítio (formas de relevo particulares, matérias-primas, etc.) que mostram uma forte interdependência com o desenvolvimento social de uma dada comunidade, por exemplo, para a prática de ofícios e/ou para outras actividades culturais ou religiosas que tradicionalmente tinham, ou possam ainda ter, lugar num determinado local. Esta interdependência constitui não só um atractivo turístico, bem como, num contexto museológico, um testemunho da história local de uma determinada população.

Os *critérios de interesse turístico* do geossítio estão relacionados, por exemplo, com o seu valor ambiental natural/paisagístico ou, ainda, com a possibilidade de se realizarem actividades recreativas nesse contexto as quais, por sua vez, possam garantir a sustentabilidade de infra-estruturas de apoio e lazer ao turista.

A proximidade de um geossítio a aglomerados urbanos assume, também, alguma importância; se, por um lado, a existência de população na sua vizinhança pode aumentar a probabilidade de actos de vandalismo e destruição, por outro, a sua proximidade pode constituir uma mais valia, na medida em que se pode tornar mais acelerado o processo de reconhecimento, divulgação e conservação desse local de interesse geológico.

II.1.5. Geoconservação

Uma vez que existem ameaças à Geodiversidade, torna-se urgente criar, e pôr em prática, medidas que identifiquem os monumentos geológicos e garantam a sua conservação. Surge assim, o conceito de *Geoconservação*, inserido na definição de

conservação do que é natural. Este termo engloba um conjunto de estudos, acções, intervenções, políticas e legislação, referentes aos processos e produtos geológicos e geomorfológicos e à manutenção da Geodiversidade.

“O acto de proteger e conservar algo justifica-se porque lhe é atribuído algum valor, seja ele económico, cultural, sentimental ou outro” (Brilha, 2005). Segundo o mesmo autor a Geoconservação, em sentido amplo, tem como objecto a utilização e gestão sustentável de toda a Geodiversidade, englobando todos os tipos de recursos geológicos; num sentido mais restrito, entende apenas a conservação de certos elementos da Geodiversidade que evidenciem qualquer tipo de valor que se sobreponha à média.

Actualmente verifica-se uma tendência internacional de crescimento da importância dada à Geoconservação. Esta surge na Recomendação do Conselho da Europa sobre a Conservação do Património Geológico e de áreas de especial interesse geológico (*Recommendation Rec(2004)3 - On conservation of the geological heritage and areas of special geological interest*, in Brilha, 2005). Este documento começa por apresentar a problemática do Património Geológico mencionando a sua importância, fragilidade e a conseqüente necessidade de o proteger e conservar. Assim, entre outros pontos, reconhece que as estratégias de conservação e manutenção do Património Geológico precisam ser integradas pelos governos nos seus objectivos políticos e programas de planeamento e desenvolvimento nacionais, sugerindo várias recomendações e propostas de acção.

II.2. O PATRIMÓNIO GEOLÓGICO E LEGISLAÇÃO

II.2.1. A Carta de Digne

No ano de 1991, entre os dias 11 e 13 de Junho, realizou-se em França o 1.º Simpósio Internacional sobre a Protecção do Património Geológico. No final do Simpósio foi aprovada, por unanimidade e aclamação, a designada “Carta de Digne – Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra”. Trata-se de um texto oportuno que demonstra não só a preocupação pela preservação do património

geológico, bem como o respeito que a humanidade lhe deve. Este documento, na sua versão portuguesa (Ramalho, 1991), dita o seguinte:

1- Assim como cada vida humana é considerada única, chegou a altura de reconhecer, também, o carácter único da Terra.

2- É a Terra que nos suporta. Estamos todos ligados à Terra e ela é a ligação entre nós todos.

3- A Terra, com 4500 milhões de anos de idade, é o berço da vida, da renovação e das metamorfoses dos seres vivos. A sua larga evolução, a sua lenta maturação deram forma ao ambiente em que vivemos.

4- A nossa história e a história da Terra estão intimamente ligadas. As suas origens são as nossas origens. A sua história é a nossa história e o seu futuro será o nosso futuro.

5- A face da Terra, a sua forma, são o nosso ambiente. Este ambiente é diferente do de ontem e será diferente do de amanhã. Não somos mais que um dos monumentos da Terra; não somos finalidade, mas sim passagem.

6 - Assim como uma árvore guarda a memória do seu crescimento e da sua vida no seu tronco, também a Terra conserva a memória do seu passado, registada em profundidade ou a superfície, nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, regista esse que pode ser lido e traduzido.

7- Os homens sempre tiveram a preocupação em proteger o memorial do seu passado, ou seja, o seu património cultural. Só há pouco tempo se começou a proteger o ambiente imediato, o nosso património natural. O passado da Terra não é menos importante que o passado dos seres humanos. Chegou o tempo de aprendermos a protegê-lo e protegendo-o aprenderemos a conhecer o passado da Terra, esse livro escrito antes do nosso advento e que é o património geológico.

8- Nós e a Terra compartilhamos uma herança comum. Cada homem, cada governo não é mais do que o depositário desse património. Cada um de nós deve compreender que qualquer depredação é uma mutilação, uma destruição, uma perda irremediável. Todas as formas do desenvolvimento devem, assim, ter em conta o valor e a singularidade desse património.

9- Os participantes do 1.º Simpósio Internacional sobre a Protecção do Património Geológico, que incluiu mais de uma centena de especialistas de 30 países diferentes, pedem a todas as autoridades nacionais e internacionais que tenham em consideração e que protejam o património geológico, através de todas as necessárias medidas legais, financeiras e organizacionais

II.2.2. A Legislação Nacional

José Brilha na sua obra “*Património Geológico e Geoconservação*” dá uma excelente perspectiva da história legislativa da vertente geológica da conservação da Natureza em Portugal. Entre as páginas 57 e 79 da mesma obra, encontra-se uma apresentação cronológica dos movimentos/documentos que demonstram o nascer das primeiras preocupações e iniciativas no âmbito da Geoconservação.

Nesta síntese, o autor menciona a criação de diversas associações, comunicações e legislação dirigida à Conservação da Natureza num intervalo de tempo de várias décadas (desde 1911 até à actualidade) no qual se descobrem as primeiras tomadas de consciência de que os valores geológicos são tão merecedores de protecção como os valores biológicos.

Aconselha-se a leitura mais detalhada desta referência bibliográfica uma vez que proporciona uma excelente compreensão da evolução histórica da problemática da Geoconservação no nosso país.

A nível nacional, contam-se com alguns suportes legislativos dos quais a Lei de Bases do Ambiente n.º 11/87 de 7 de Abril, que define as bases da política ambiental.

Posteriormente, ao documento acima mencionado, surge o Decreto-lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro (Anexo II) onde já se podem ler as primeiras referências aos valores geológicos, ainda que não sejam mencionados claramente. Este decreto encontra-se actualmente em vigor e introduz na ordem jurídica as noções de “parque nacional”, “reserva natural”, “parque natural”, “monumento natural”, “paisagem protegida”, “sítio de interesse biológico” e “reservas integrais”. Segundo o artigo 8º do mesmo decreto, define-se “monumento natural” como “uma ocorrência natural contendo um ou mais aspectos que, pela sua singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos, científicos e culturais, exigem a sua conservação e a manutenção da sua integridade”. É dentro desta definição que se torna possível enquadrar o conceito de *geomonumento*. Trata-se de um sítio de interesse geológico com valor documental no estabelecimento da história da Terra, com características de monumentalidade, grandiosidade, raridade, beleza, etc (Galopim de Carvalho, 1999). No entanto, nenhum artigo do mesmo Decreto-lei define “sítio de interesse geológico”, contrariamente a “sítio de interesse biológico”, o qual está contemplado pelo artigo 10.º no qual se pode ler «...podem ser classificadas áreas protegidas de estatuto privado, designadas de “sítio de interesse biológico”, com o objectivo de proteger espécies da fauna e da flora selvagem e respectivos *habitats* naturais com interesse ecológico ou científico».

Mais tarde, no ano de 1995, é publicada no Diário da República, I série, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/95 de 21 de Abril que aprova o Plano Nacional da Política do Ambiente. Embora este documento se refira ao estado do ambiente em Portugal e às medidas a serem tomadas, é mais uma vez notório a pouca contemplação dada à componente geológica, mais propriamente no que respeita ao Património Geológico. Contudo, é possível ver o mesmo referenciado no capítulo que aborda a Conservação da Natureza, mais especificamente na designação de “Áreas Classificadas” onde é sugerido a “identificação e inventariação dos sítios geológicos com interesse científico, cultural, económico, ou de zonas particularmente vulneráveis ou sensíveis”, definição esta que vai de encontro às características dos Geomonumentos.

Posteriormente, na Resolução de Conselho de Ministros n.º 152/2001 de 11 de Outubro (Diário da República 236 I-B série) foram incorporadas sugestões da

PROGEO1 com vista a promover a vertente geológica na conservação da Natureza (Brilha, 2005).

No que diz respeito às Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, como se refere adiante, estas estão contempladas com suportes legislativos específicos ao Património Geológico.

II.2.3. Região Autónoma da Madeira

O Decreto-lei regional n.º 24/2004/M (Anexo I) define os objectivos para a conservação e preservação do Património Geológico da Região Autónoma da Madeira (RAM).

De acordo com este diploma o “Património Geológico é constituído por todos os recursos naturais não renováveis, tais como formações rochosas, acumulações sedimentares, formas, paisagens, caracteres paleontológicos ou colecções de objectos geológicos de valor científico, cultural, educativo e de interesse paisagístico ou recreativo”.

Este decreto-lei é constituído por um total de 11 artigos e tem como objectivos:

- a) Promover uma política de conservação e preservação do património geológico;
- b) Identificar, inventariar, classificar, documentar e divulgar os locais de interesse geológico;
- c) Promover o conhecimento do património geológico, através da investigação, do estudo e da formação e informação dos recursos existentes;
- d) Promover a sensibilização da comunidade para a importância e relevância do património geológico;
- e) Definir as áreas de intervenção e os modos de actuação;

1 - Associação Europeia para a Conservação do Património Geológico, criada no ano de 2000.

- f) Promover a defesa dos recursos naturais em articulação com o desenvolvimento de actividades económicas, tais como o ecoturismo e o turismo de natureza.

Compete à Secretaria Regional, responsável pela área do Ambiente, promover todas as medidas para assegurar a concretização dos objectivos acima mencionados.

Este decreto salienta a necessidade de inventariação, catalogação, divulgação e protecção do património geológico da RAM. Enumera uma série de critérios a ter em conta aquando a inventariação e classificação de geomonumentos, tais como, o seu valor relativo (alto, médio, baixo) o tipo de interesse que possuem, isto é, científico, didáctico, cultural e/ou turístico, a representatividade a nível nacional, regional e local.

O respectivo decreto realça ainda que o património geológico não só deve ser salvaguardado, mas também estudado e valorizado. Para tal, deve promover-se a acção científica, pedagógica e cultural por todos os intervenientes, de modo a garantir o retorno em termos de benefício científico, cultural e social, bem como assegurar a sua transmissão às gerações futuras.

Para além da inevitável erosão, as formações geológicas são também alvo de actos de vandalismo causados pelo desconhecimento e a não consciencialização da população relativamente à importância das mesmas. Este decreto tem como intuito tornar a sociedade mais sensível para a Geoconservação, divulgar e garantir a preservação e maior protecção do património geológico da RAM.

Constituem infracções contra o património geológico os seguintes actos:

- a) A exploração de recursos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;
- b) A alteração da morfologia do terreno nas áreas envolventes que afecte de forma irreversível o elemento geológico classificado;
- c) A extracção de materiais, a colheita de quaisquer espécies vegetais e fungos, no elemento geológico classificado e na área envolvente sem prévia autorização da entidade competente;

- d) Os aterros e o depósito de resíduos de qualquer tipo em áreas envolventes aos elementos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;
- e) A captura ou abate de animais que coexistam com o elemento geológico classificado;
- f) A construção de edificações que afectem de forma irreversível os elementos geológicos classificados;
- g) A prática de pastorícia e as pastagens que alterem de forma irreversível os elementos geológicos classificados;
- h) A prática de actividades lúdicas e desportivas que alterem a forma e substância dos elementos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;
- i) A realização de fogueiras e queimadas, nas áreas envolventes, em prejuízo dos elementos geológicos classificados.

II.2.4. Região Autónoma dos Açores

A Região Autónoma dos Açores (RAA) possui, no contexto geológico, características semelhantes à Região Autónoma da Madeira, visto serem ambas de origem vulcânica. Em termos comparativos, e no âmbito da Geoconservação, a RAA também tem vindo a desenvolver diversas acções relativamente a esta problemática, nomeadamente, o estudo de sítios com interesse geológico e a criação de suportes legislativos que os identificam, caracterizam e os preservam, elevando-os deste modo a Património Geológico.

Em consequência do Decreto-lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro, apresentado anteriormente neste capítulo, o qual introduz na ordem jurídica as noções de “parque nacional” e “reserva”, surge o Decreto Legislativo Regional n.º 21/93/A. Através

deste suporte legal, institui-se o regime de classificação, gestão e administração das áreas protegidas na RAA. Para um melhor esclarecimento aconselha-se a leitura dos respectivos documentos legais.

Já mais recentes, são o Decreto Legislativo Regional n.º 3/2005/A, o Decreto Legislativo Regional n.º 4/2005/A e o Decreto Legislativo Regional n.º 6/2005/A. Todos eles apresentam uma definição mais específica, ou seja, estão, cada um deles, unicamente direccionados para uma zona ou local específico de interesse. O primeiro decreto diz respeito à classificação de monumento natural regional do pico das Camarinhas e Ponta da Ferreira, na ilha de São Miguel. O segundo decreto acima indicado, refere-se à classificação como monumento natural regional da gruta do Carvão, na ilha de São Miguel. Por último, o terceiro decreto promove a classificação da Reserva Natural Regional do Figueiral e Prainha, na ilha de Santa Maria.

Todos os três decretos, na sua descrição focam os aspectos geológicos valiosos de cada um dos locais e apresenta as razões para a sua salvaguarda.

II.3. GEOCONSERVAÇÃO

II.3.1. Estratégias de Geoconservação

O desenvolvimento equilibrado do Património Geológico só é possível se houver um conhecimento prévio e rigoroso dos bens geológicos existentes e da sua importância. Para tal é necessário estabelecer estratégias que permitam executar um conjunto de tarefas que visem o reconhecimento, desenvolvimento e protecção dos geossítios. Assim, o processo de Geoconservação compreende diversas estratégias mediante as quais se torna possível sistematizar as diversas iniciativas levadas a cabo numa dada área geográfica, seja país, região autónoma, província, concelho, área protegida ou outra, com vista à conservação e gestão do Património Geológico. Tais estratégias já se encontram enumeradas e descritas em bibliografia especializada (Brilha, 2005) (Fig. II.2). De seguida será apresentada e comentada uma sequência das mesmas tomando uma ordem lógica de execução.

Constituem estratégias de conservação do Património Geológico a *Inventariação*, a *Quantificação*, a *Classificação*, a *Conservação*, a *Valorização*, a *Divulgação* e a *Monitorização*.

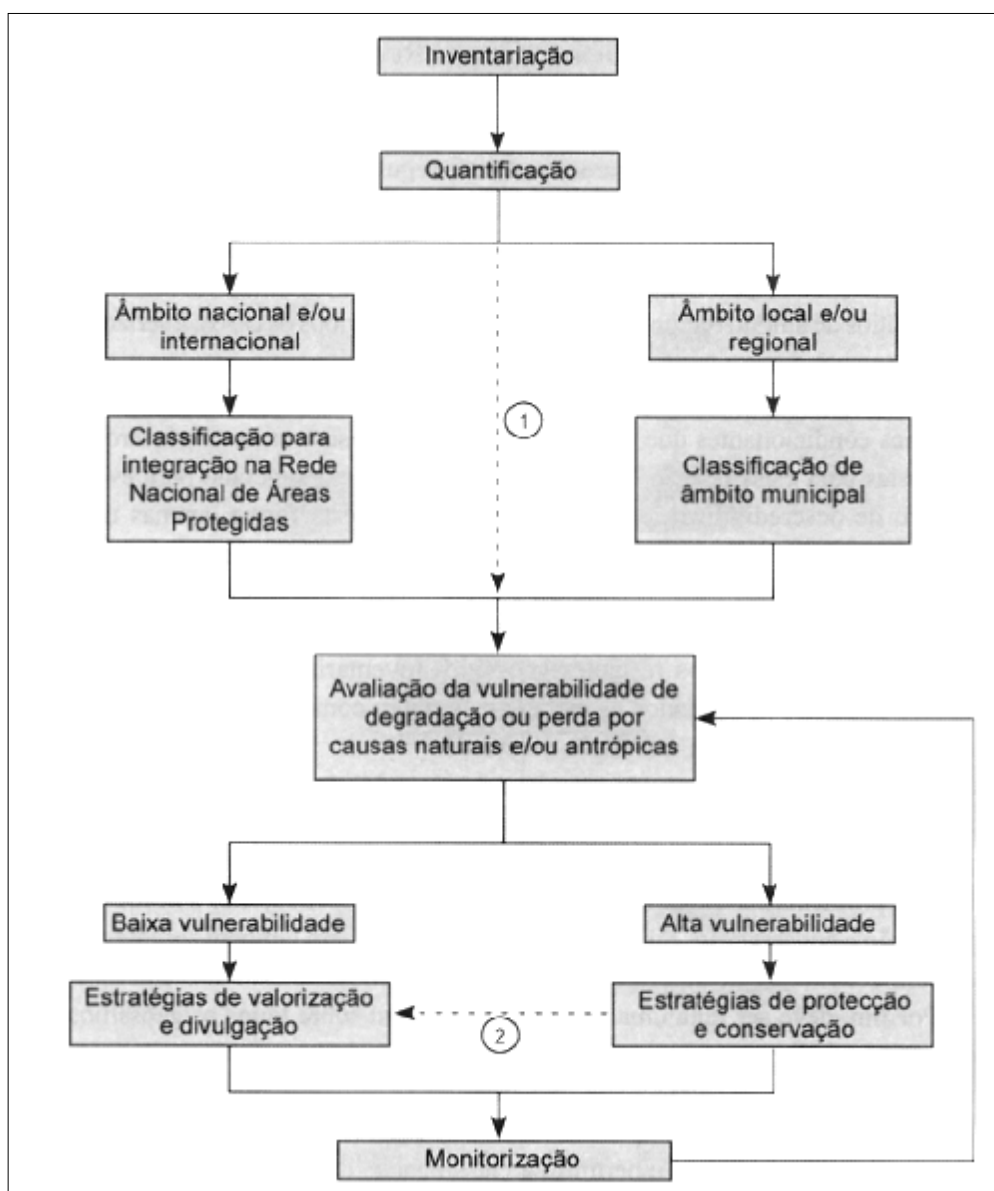


Fig. II.2 – Fluxograma das diferentes fases de implementação de uma estratégia de geoconservação em áreas limitadas. Retirado de Brilha (2005).

II.3.2. Inventariação

Esta é a primeira estratégia a pôr em prática no processo de geoconservação. Trata-se do levantamento dos locais de elevado interesse geológico de uma determinada região.

Na inventariação cada geossítio deve ser devidamente assinalado numa carta topográfica e/ou geológica, se possível com recurso ao receptor de GPS. Para cada local deve ser feito um registo fotográfico e uma caracterização no campo” (Brilha, 2005). Esta caracterização é feita utilizando fichas de inventariação elaboradas para o devido efeito, nas quais se registam as informações relativas ao geossítio.

Existem já vários modelos de inventários definidos que podem ser utilizados para a acção de inventariar. Entre eles contam-se com a Proposta de Classificação do Património Geológico Português da PROGEO (ver Cap. V.7), com a Ficha de Sítio Geológico (FASI – Projecto Geossítios) do Instituto Geológico e Mineiro, a Ficha de Inventariação do Instituto da Conservação da Natureza e a Ficha de Inventariação do Património Geológico de Excepcional Valor no Território Português (Liga de Protecção da Natureza).

Para o caso específico do geossítio em estudo nesta dissertação, foi adoptado o inventário proposto pela PROGEO (Proposta de Classificação do Património Geológico Português), porém, houve a necessidade de se efectuarem algumas alterações à ficha de modo a estar adequada à inventariação desta região insular de origem vulcânica.

Os suportes de inventariação devem conter diversos itens de modo a que a definição do geossítio seja a mais completa possível. Estes itens podem variar de inventário para inventário mas, de uma maneira geral, todos eles abordam aspectos semelhantes. Do inventário adoptado neste trabalho constam os seguintes pontos:

A. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL PROPOSTO

- Designação do local – refere-se ao nome do sítio em estudo;
- Localização geográfica – devem ser indicadas as coordenadas geográficas do local, o distrito, concelho e freguesia a que pertence, os acessos e o grau de acessibilidade que poderá variar entre fácil, moderada e difícil;

- Enquadramento geológico geral - breve descrição do enquadramento do geossítio no âmbito da geologia regional. No caso estudado nesta dissertação, refere-se ao seu ambiente dominante (Vulcânico ou Sedimentar) e situação insular (Arquipélago da Madeira); esta descrição deve posicionar os geossítios na estratigrafia da ilha, referindo os principais tipos petrológicos presentes, estrutura vulcânica e tectónica (presença de escoadas lávicas, depósitos piroclásticos de queda, filões, etc.), presença de depósitos sedimentares, aspectos geomorfológicos. Também se podem incluir outros aspectos, tais como, presença de fósseis e tipos particulares de alteração/erosão, entre outros. Esta descrição deverá ser sintética, focando apenas os aspectos mais característicos em termos geológicos e mais interessantes a nível patrimonial.

- Avaliação preliminar – devem-se referir: a dimensão da área em questão, nas seguintes classes: *sítio* (< 0.1ha), *lugar* (0.1ha–10ha), *zona* (10ha-1000ha) ou *área* (>1000ha); as condições de observação (boas, satisfatórias ou más); o grau de vulnerabilidade (muito elevado – elevado – razoável – baixa – muito baixa): neste caso deve-se atender à probabilidade de sofrer erosão por processos naturais ou destruição total ou parcial pela acção do homem;

- Estatuto do local – onde se assinala se o mesmo está ou não submetido a protecção e qual o seu nível, e ainda, se esta é uma protecção indirecta ou directa (parque nacional, parque natural, reserva natural, paisagem protegida, sítio classificado, monumento natural ou rede natura); no caso do local não estar protegido, deve-se assinalar qual o nível de urgência para promover a sua protecção (muito urgente, urgente, a médio prazo ou a longo prazo);

- Principais características que justificam a sua proposta de classificação – breve descrição das principais particularidades que atribuem valor ou importância ao geossítio proposto;

- Aproveitamento do terreno (valores em %) - no qual se classifica a área de rural ou não rural, florestal, agrícola, zona industrial, zona urbana, urbanizado ou urbanizável);

- Situação administrativa (valores em %) - no qual se refere se o local é considerado propriedade do Estado, de entidades privadas, de entidades públicas, da autarquia local ou se é propriedade particular.

- Obstáculos para o aproveitamento do local - se são ausentes ou se existem pela proximidade de indústrias, depósitos, urbanizações ou outros;
- Esboço e/ou descrição dos obstáculos - que pode ser apresentada através de texto ou esquemas.

B. TIPO DE INTERESSE DO LOCAL PROPOSTO

Baseia-se nos seguintes pontos:

- Conteúdo - que pode ser geomorfológico, paleontológico, estratigráfico, tectónico, hidrogeológico, geotectónico, mineralógico, geoquímico, petrológico, geofísico, mineiro, museus e colecções ou outros;
- Possível utilização - seja ela turística, científica, económica ou didáctica.
- Influência - seja a nível local, regional, nacional ou internacional.

Os diferentes tipos de interesse referidos anteriormente são classificados nesta ficha de inventariação utilizando a terminologia de baixo, médio ou alto.

Ainda no ponto (B) do inventário encontra-se reservado um espaço para observações gerais, no qual se podem mencionar outros aspectos não enumerados na ficha, mas que sejam relevantes para a compreensão dos interesse inerente ao local em estudo.

C. BIBLIOGRAFIA E COMENTÁRIOS

Neste ponto deve estar referida a bibliografia consultada referente ao local em estudo uma vez que a inventariação deverá ter lugar após a conclusão de um reconhecimento geral da área em estudo e de uma consulta de bibliografia geológica já publicada sobre a mesma.

D. DOCUMENTAÇÃO GRÁFICA

Este é um espaço reservado a vários registos gráficos. São eles:

- Localização - ilustrada através da representação do extracto da carta topográfica na escala de 1:25 000 com identificação do número da mesma;
- Esboço geológico - acompanhado de legenda e do extracto da carta geológica (ou outra) identificada com o seu número;
- Fotografias - do local proposto;
- Outros dados gráficos - coluna litológica, cortes geológicos, entre outros;

- Observações - onde podem constar informações que complementem as informações gráficas referidas nos pontos anteriores.

E. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS SEDIMENTARES

Neste item da ficha de inventariação consta, caso existam, a identificação e descrição de:

- Ambientes sedimentares - actuais ou antigos; continentais, transição ou marinhos;

- Litologia dominante - que poderá ser catalogada de terrígena ou não terrígena;

- Estruturas sedimentares;

- Fósseis;

- Descontinuidades estratigráficas;

Relativamente a estes três últimos itens, consta da ficha de identificação um espaço onde se assinalam a sua existência ou não no local em estudo e a sua designação.

F. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS ÍGNEOS VULCÂNICOS

Este espaço está reservado à especificação da:

- Litologia e textura;

- Materiais vulcânicos;

- Estruturas vulcânicas;

Neste item do inventário ainda se pede o esboço textural e/ou estrutural que esquematizem tais fenómenos e produtos associados.

G. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS ÍGNEOS INTRUSIVOS

À semelhança do tópico anterior, este espaço da ficha de inventariação pede que se especifique e esboce a:

- Litologia e textura;

- Estruturas intrusivas.

H. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS METAMÓRFICOS

Neste ponto, para além de se assinalar o tipo e grau de metamorfismo é pedido a especificação e o esboço textural e/ou estrutural da:

- Litologia e textura;
- Estruturas metamórficas e migmatíticas.

I. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM A DEFORMAÇÃO DAS ROCHAS

Neste ponto do inventário assinala-se o tipo de deformação das rochas que pode ser frágil, dúctil ou mista. Para além destes aspectos, neste item também se especifica e se elabora um esboço estrutural. São eles:

- Fracturação;
- Estruturas menores;
- Deformações por gravidade e mistas;
- Movimentos de terreno.

J. FORMAS DE EROSÃO E CONSTRUÇÃO EM DIVERSOS MEIOS

Estas podem ser de diferentes índoles:

- Glaciar;
- Periglaciar;
- Desérticos e semidesérticos;
- Formas cársicas;
- Formas em rios;
- Outras morfologias.

L. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM GEOLOGIA APLICADA

Neste último item da ficha de inventariação devem ser especificados se os fenómenos estão relacionados com:

- Hidrogeologia;
- Depósitos minerais;
- Geofísica- Geoquímica;

- Geotecnia.

Ainda neste item existe um espaço reservado a observações que possam complementar as informações fornecidas nos pontos anteriormente mencionados relacionados com geologia aplicada.

II.3.3. Quantificação

A quantificação tem como objectivo a seriação de todos os geossítios. Esta etapa tem lugar imediatamente a seguir à inventariação ou, em casos em que as equipas de trabalho sejam experientes, pode ser executada em simultâneo com a primeira etapa. A quantificação de geossítios permite estabelecer uma ordem para a actuação das estratégias da Geoconservação, uma vez que, através da quantificação são considerados diversos critérios de relevância que tenham em conta não apenas as características intrínsecas de cada local, como também o seu potencial e o nível de protecção necessária.

O processo de quantificação de geossítios é uma tarefa difícil e, actualmente, raramente efectuada, principalmente por não se encontrarem bem definidos os seus principais critérios de base. Introduzir uma medida que permita afirmar que o geossítio A é mais importante que o geossítio B pode revelar-se comprometedor se não forem usados instrumentos metodológicos isentos e precisos (Brilha, 2005). Deste modo e, ainda segundo o mesmo autor, a seriação permite estabelecer prioridades nas acções da conservação orientando a escolha dos primeiros geossítios a serem alvo das restantes etapas da Geoconservação.

Actualmente existe um modelo de quantificação que é apresentado pelo autor supracitado na mesma obra (pág. 97 – 105) e foi elaborado com base no trabalho de Udeca (2000). Este modelo estabelece um conjunto de critérios que permite definir o valor intrínseco de um geossítio (A), o seu uso potencial (B) e a necessidade de ser protegido (C).

Relativamente aos *critérios intrínsecos ao geossítio* estes avaliam as seguintes características:

A1. Abundância ou raridade;

- A2. Extensão (área em m²);
- A3. Grau de conhecimento científico;
- A4. Utilidade como modelo para ilustração de processos geológicos;
- A5. Diversidade de elementos de interesse – valor 5
- A6. Local–tipo (capacidade do geossítio ser considerado uma referência na sua categoria para a área em análise);
- A7. Associação com elementos de índole cultural;
- A8. Associação com outros elementos do meio natural;
- A9. Estado de conservação.

No que respeita aos critérios relacionados com o *uso potencial do geossítio* temos os seguintes itens a serem considerados:

- B1. Possibilidade de realizar actividades científicas, pedagógicas, turísticas ou recreativas;
- B2. Condições de observação;
- B3. Possibilidade de colheita de objectos geológicos;
- B4. Acessibilidade;
- B5. Proximidade a povoações;
- B6. Número de habitantes;
- B7. Condições sócio-económicas.

Por fim temos os critérios relacionados com a necessidade de *protecção do geossítio* dos quais se dá atenção a:

- C1. Ameaças actuais ou potenciais;
- C2. Situação actual;
- C3. Interesse para a exploração mineira;
- C4. Valor dos terrenos (euros/m²);
- C5. Regime de propriedade;
- C6. Fragilidade.

A cada um destes itens anteriormente enumerados deverá ser atribuída uma classificação que pode variar de 1 a 5. Cada valor, 1, 2, 3,4 e 5 corresponde a um parâmetro já determinado neste mesmo modelo de quantificação, o qual se aconselha uma leitura mais pormenorizada para uma melhor compreensão do

processo de quantificação. Por exemplo, “o estado de conservação” é um dos itens relativos aos critérios intrínsecos e pode ser classificado da seguinte forma:

Valor 5 – perfeitamente conservado, sem evidência de deterioração;

Valor 4 – alguma deterioração;

Valor 3 - Existem escavações, acumulações ou construções que não impedem a observação das suas características essenciais;

Valor 2 – Existem escavações, acumulações ou construções que deterioram as características de interesse do geossítio;

Valor 1 – Fortemente deteriorado.

Após a classificação de cada critério é possível determinar um valor final. Este é determinado através do cálculo da média simples destes três conjuntos de critérios ou de uma média ponderada, privilegiando um dado conjunto de critérios.

Qualquer que seja a opção, o resultado da quantificação deve sempre indicar os resultados parciais finais para os três critérios diferentes (A, B e C). Desta forma, trabalhos posteriores poderão aplicar outros cálculos baseados em resultados previamente obtidos (Brilha, 2005).

Citando ainda o mesmo autor, os critérios referidos devem ser usados para a definição do âmbito internacional, nacional, regional ou local que deve ser atribuído a cada geossítio. Os geossítios de âmbito internacional devem possuir, em acumulação, os seguintes valores:

$A1 \geq 3$	$B1 \geq 3$
$A3 \geq 4$	$B2 \geq 3$
$A6 \geq 3$	
$A9 \geq 3$	

Os geossítios que não se enquadram nestes valores devem ser considerados como sendo de âmbito regional ou local.

Relativamente aos geossítios de âmbito regional ou local, a quantificação final deve resultar da média simples dos três conjuntos de critérios (A, B e C) como já foi referido anteriormente, podendo potenciar a utilização do geossítio. Deste modo contam-se com as seguintes fórmulas para a classificação do âmbito dos geossítios:

Geossítio de âmbito internacional ou nacional	Geossítio de âmbito regional ou local
$Q = (2A + B + 1,5C) / 3$	$Q = (A + B + C) / 3$
Q – Quantificação final da relevância do geossítio (arredondada às décimas)	
A, B e C – Soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios	

Quanto mais elevado for o valor “Q” maior será a relevância do geossítio, logo, mais urgente será a necessidade deste ser alvo da aplicação de acções de geoconservação.

II.3.4. Processos de Classificação

A classificação de Património Geológico consiste na integração (ou atribuição de um estatuto) de geossítios na *Rede Nacional de Áreas Protegidas*, sob a figura de *Monumento Natural* ou de *Paisagem Protegida*. Este processo, de acordo com a legislação portuguesa vigente, enquadra-se no Decreto-lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro, o qual já foi discutido anteriormente neste capítulo.

Segundo Brilha (2005), os processos de classificação podem ser executados de diferentes formas, dependendo do âmbito em que estão enquadrados, ou seja, se os geossítios forem de âmbito nacional, regional ou local, a classificação será feita com base no documento legal anteriormente referido. Caso o geossítio seja de âmbito municipal, a sua classificação é definida na Lei n.º 107/2001, de 8 de Setembro, diploma este que estabelece as bases da política e do regime de protecção e valorização do património cultural que integra todos os bens que, sendo testemunhos com valor de civilização ou de cultura relevante, devam ser objecto de especial protecção e valorização. Os princípios e disposições deste diploma são extensíveis aos bens naturais, ambientais, paisagísticos ou paleontológicos.

De seguida e citando o mesmo autor, são descritos os procedimentos a seguir no processo de classificação consoante o âmbito dos geossítios.

Classificação de geossítios de âmbito nacional.

A proposta de classificação, devidamente suportada do ponto de vista técnico, pode ser apresentada por qualquer entidade, pública ou privada, ao Instituto de Conservação da Natureza. Da proposta devem constar:

- localização exacta do geossítio;
- caracterização científica;
- descrição do grau e tipo de interesse;
- avaliação da vulnerabilidade;
- proposta de estratégias de geoconservação.

O dossier deve ainda ser acompanhado por pareceres técnicos de personalidades e instituições que comprovem o interesse em classificar e conservar o geossítio.

A proposta deverá ser analisada pelo ICN e remetida, para apreciação, ao Ministro do Ambiente. Seguir-se-á uma fase de inquérito público e de auscultação às autarquias envolvidas na gestão do território abrangido pelo geossítio proposto. Finalmente, a proposta deverá ser aprovada em Conselho de Ministros e a classificação publicada em Decreto Regulamentar.

Classificação de geossítios de âmbito regional e local.

Neste caso, a proposta de classificação é idêntica à anterior, até ao momento em que a mesma é entregue ao Ministro do Ambiente. Para a classificação de áreas protegidas de âmbito regional e local basta a aprovação do Ministro do Ambiente e posterior publicação de Decreto Regulamentar.

Classificação de geossítios de âmbito municipal.

Este processo é o mais simples do ponto de vista burocrático. Embora não dispensando a fundamentação técnica referida anteriormente, a classificação depende apenas da autarquia. O estatuto é obtido após a aprovação pela Assembleia Municipal e publicação nas actas deste órgão.

II.3.5. Conservação de Geossítios

A estratégia de conservação de geossítios é a etapa na qual se criam medidas para a protecção dos geossítios. Como é evidente, os monumentos geológicos variam no seu grau de vulnerabilidade. Esta é a característica que define as prioridades de actuação a nível da conservação.

As estratégias de conservação permitem manter a integridade física do geossítio e assegurar a acessibilidade ao público de modo a permitir um contacto o mais directo possível com o mesmo, evitando, simultaneamente a degradação do geossítio. Estas estratégias deverão ser aplicadas a todos os geossítios, devendo começar-se por atender aos de maior vulnerabilidade e/ou maior relevância.

II.3.6. Valorização e Divulgação

Estas duas estratégias de geoconservação surgem associadas uma vez que ao divulgar o património também o estamos a valorizar.

A valorização baseia-se nos diferentes tipos de valor que o geossítio possui. Estes valores podem ser traduzidos em informações levando o público a reconhecer a sua importância. É necessário ter em consideração que este “público” constitui uma classe heterogénea no que respeita a idades, nível de conhecimentos, formação académica, interesses e gostos pessoais, entre outros aspectos, pelo que a observação, a leitura, e a interpretação de conceitos é assimilada de diferentes formas. Consequentemente, todos os materiais de divulgação (sejam painéis interpretativos, folhetos, suportes informáticos, etc.) devem ser cuidadosamente elaborados. Deste modo, a divulgação de informação relativa aos geossítios deve considerar os factores² seguintes:

Objectivo dos elementos interpretativos do geossítio:

- informar em termos genéricos;
- leccionar aspectos específicos;

² - Adaptado de *Nature Conservancy Council, UK – Handbook of Earth Science Conservation Technique*

- controlar o acesso;
- promover a boa conduta;
- aumentar o grau de apreciação;
- ganhar apoio e compreensão;
- inculcar determinadas mensagens;
- obter retorno financeiro.

Tipo de público alvo que pode ser maioritário ou preferencial:

- turistas;
- grupos escolares;
- especialistas;
- população local.

Quando será o sítio visitado:

- todo o ano;
- durante uma estação do ano específica;
- aos fins-de-semana;
- ocasionalmente.

Mensagens-chave para o sítio em causa:

- localização;
- descrição de aspectos específicos relevantes/interessantes;
- curiosidades;
- exercícios educativos;

Custos das várias opções válidas para o geossítio em causa e fontes de financiamento:

- sinais em locais específicos;
- centro de interpretação;
- guias e vigilantes;
- folhetos e brochuras;

Será oportuno mencionar que os custos devem ser adequados aos objectivos.

Para que os geossítios sejam alvos de visitas bem geridas é necessário preparar estes locais de interesse para tal efeito, porém, esta preparação deve ser feita o mais naturalmente possível, isto é, garantir acessos seguros evitando ao máximo descaracterizar o local.

Embora o risco de deterioração do geossítio aumente com o número de visitantes é de todo o interesse que os mesmos sejam divulgados, pois só através de um absoluto conhecimento do local se torna possível conseguir uma consciencialização da comunidade.

II.3.7. Monitorização

Esta estratégia toma o último lugar nas várias etapas da Geoconservação e tem como objectivo a definição de acções que possibilitem a manutenção dos geossítios.

A monitorização deve ser levada a cabo por técnicos profissionais que, preferencialmente, tenham estado presentes em todos os processos da geoconservação anteriores a este. Estes profissionais deverão avaliar o estado dos geossítios, garantindo sempre condições de conservação e uso adequado dos mesmos.

Esta estratégia deve ser posta em prática em intervalos de tempo definidos (semanal, mensal ou anual) de acordo com a vulnerabilidade do local e com todos os outros factores que possam contribuir para a sua deterioração, como por exemplo, o crescimento veloz da vegetação, o número e tipo de visitantes, a frequência das visitas, entre outros. Assim a monitorização actua fazendo uma avaliação do estado dos geossítios de modo a por em prática medidas capazes de garantir a correcta utilização destes locais de grande interesse.

CAPÍTULO III.

TURISMO GEOLÓGICO

III. TURISMO GEOLÓGICO

III.1. ECOTURISMO

O termo “ecoturismo” surgiu de “turismo ecológico”, um segmento do Turismo de Natureza³. É um conceito que se baseia numa forma de turismo voltada para a apreciação da natureza e dos ecossistemas num estado natural, assim como, para o desenvolvimento de uma actividade turística responsável, envolvendo informação e aprendizagem ambiental, que cause o mínimo de impacto na natureza.

O crescimento mundial da consciência ambiental, associado à insatisfação do “turismo de massas”, contribuiu para aumentar a demanda por experiências mais autênticas, baseadas na paisagem, natureza e aspectos culturais. Assim, de acordo com dados da Organização Mundial do Turismo, o ecoturismo representa actualmente cerca de 2 a 4% do Turismo Mundial, esperando-se uma triplicação do fluxo económico neste segmento, no espaço de uma geração.

A importância do Ecoturismo não se limita apenas ao seu volume, mas, sobretudo, ao que esta opção de desenvolvimento sustentável representa em termos estratégicos mundiais, isto é:

- Pode contribuir para a protecção de ecossistemas e conservação de geomonumentos, preservando um património de biodiversidade e geodiversidade Mundial, podendo ser simultaneamente uma ferramenta de auto-financiamento através da criação directa e indirecta de receitas;
- Pode constituir um benefício directo para as comunidades locais, através da criação directa e indirecta de postos de trabalho e riqueza.

Os aspectos associados ao meio abiótico, especialmente a paisagem, constituem um grande atractivo inserido no conceito de turismo ecológico, pelo que há um interesse cada vez maior por aspectos ligados à Geodiversidade. Neste sentido começou-se a promover um novo segmento de turismo de natureza, designado por *Geoturismo* ou *Turismo Geológico*.

³ - O *Turismo de Natureza* define-se como “o produto turístico, composto por estabelecimentos, actividades e serviços de alojamento e animação ambiental realizados e prestados em zonas integradas na Rede Nacional de Áreas Protegidas” (Fraga, 2005).

III.2. GEOTURISMO

O Geoturismo é definido pela *National Geography Society* como “um turismo sustentado nas características geográficas de um lugar, seu património ambiental, cultural e estético, além do bem-estar das populações envolvidas”.

Entender a Geodiversidade e a Biodiversidade de uma determinada região, permite efectuar acções turísticas mais completas e, conseqüentemente, obter resultados mais precisos e duradouros quanto à preservação do meio ambiente, bem como, proporcionar uma experiência mais rica para o visitante.

A Geologia, e os seus múltiplos aspectos, podem contribuir para criar formas de turismo sustentável, fomentar o desenvolvimento regional/nacional e despertar no visitante o gosto pela compreensão e interpretação da paisagem. Assim, os locais de interesse geológico podem e devem ser encarados como um factor de desenvolvimento indo de encontro aos anseios de progresso social das populações. Por exemplo, é viável aliar o Geoturismo ao combate ao desemprego em zonas rurais, criando experiências alternativas, projectos locais de natureza social e económica, como por exemplo, a musealização de um geossítio; ao mesmo tempo que se dá ênfase à componente científica e cultural também seriam conseguidos benefícios para a economia local, pelo que todo este desenvolvimento representaria um factor de atracção turística, maior oferta de emprego para os residentes, melhor qualidade de vida e maior participação cívica, perspectivando, em simultâneo, um desenvolvimento sustentado e valorizado das características da região em causa, nomeadamente, do património geológico aí existente.

Para que tudo isto seja viável é necessário proceder a uma planificação que vise o estabelecimento de programas de geoturismo. Segundo (Azevedo e Pimentel, 2004), a metodologia a adoptar passa por:

- Traçar percursos pedestres (e/ou motorizados) que passem pelos diferentes geossítios;
- Elaborar folhetos e prospectos desses circuitos que expliquem, de maneira simples e atractiva, os geossítios a visitar bem como, disponibilizem informação sobre as condições climáticas da região, acessos, vestuário adequado, nível de perigosidade, etc.

- Colocar em cada local a visitar painéis esquemáticos da geologia/geomorfologia da região, que expliquem os processos naturais e das várias fases da evolução da paisagem. Estes painéis devem ser sucintos e claros, com um mínimo de explicações científicas e com esquemas esclarecedores.
- Interessar as autarquias e as populações locais e dar-lhes o apoio e formação necessárias para que estejam aptos a colaborar nos projectos regionais, desenvolvendo aspectos complementares como a gastronomia, artesanato ou mesmo transmitindo conhecimentos sobre a relação rocha/solo/agricultura;
- Elaborar formulários e inquéritos que questionem os geoturistas sobre os seus interesses e preferências de modo a melhorar os serviços prestados;
- Formar guias com conhecimentos adequados tanto a nível científico como a nível de terreno de modo a poderem esclarecer dúvidas e auxiliar em situações imprevistas.

III.3. ALGUNS EXEMPLOS DE GEOTURISMO

Podem-se referir alguns exemplos de como a geologia, por si só, pode promover uma determinada região.

Atentemos ao turismo que se desenvolve na ilha de Stromboli, localizada no arquipélago das Ilhas Eólicas, no Mar Tirreno, a norte da Sicília; a grande maioria dos visitantes desloca-se a esta ilha para conhecer e contactar directamente com o Vulcão Stromboli cuja actividade, caracterizada por pequenas explosões com emissão de piroclastos mantendo níveis de baixa perigosidade, é considerada de rara beleza e portadora de uma experiência única na vida (Fig. III.1).

O mesmo se pode dizer relativamente ao parque natural que recebe o maior número de visitantes na Europa: o “Parque Nacional Las Cañadas del Teide”, na ilha de Tenerife, Canárias (Fig. III.2); este local compreende um conjunto de caldeiras vulcânicas e, entre outros, o Vulcão Teide, cujo cume é o ponto mais alto do Atlântico (3730m).



Fig. III.1 Vulcão Stromboli, visto do mar (em cima); dezenas de visitantes em marcha de ascensão para o cume para observarem as explosões durante a noite (esq.)



Fig. III.2 A paisagem vulcânica de Las Cañadas e o conjunto de afloramentos rochosos designados por “Roques de Garcia” em Tenerife, Canárias, é visitado diariamente por milhares de visitantes.

A paisagem associada à grande caldeira e ao complexo de vulcões activos constitui, provavelmente, o principal motivo da sua recente nomeação na lista do Património Mundial da Humanidade.

Assim, o turista deixa de ser um mero visitante que tira fotografias à paisagem, simplesmente porque é bonita, e passa a compreender a origem e o significado de tal beleza natural. Torna-se um sujeito interactivo entre o lazer e a ciência, entre a estética e o conhecimento.

Compreender a geologia do local a ser visitado é, também, compreender o modo de vida da população em causa. Por exemplo, a agricultura é fortemente condicionada pelo tipo de solo em que é realizada; o património construído também reflecte a geologia de uma região, isto porque, as matérias-primas que mais abundam na região são as que se utilizam nas várias construções, conferindo ao local uma arquitectura própria.

III.4. GEOTURISMO NA ILHA DA MADEIRA

Em Portugal, o Património Natural é riquíssimo, porém o conceito de Ecoturismo ainda se encontra pouco desenvolvido. Começa agora a dar os primeiros passos com o aprofundamento do Programa Nacional de Turismo de Natureza.

O Arquipélago da Madeira apresenta diversos atributos para os amantes deste tipo de turismo. A floresta “Laurissilva” e as “Levadas” constituem, hoje em dia, um dos maiores atractivos naturais da Ilha da Madeira. No entanto, a região também é privilegiada em feições geológicas que contam a história do meio físico, possibilitando a análise da dinâmica do meio ambiente. São inúmeras as paisagens que despertam o interesse turístico tanto pela beleza como pela facilidade de acessos e condições climáticas. Os trajectos ao longo das Levadas e Veredas são ideais para conhecer a geodiversidade da ilha da Madeira.

Come efeito, a Região Autónoma da Madeira, embora possua uma área pequena, é dotada de uma grande geodiversidade, quer vulcanológica, quer geomorfológica, como são os exemplos dos cones vulcânicos da Senhora da Piedade no Caniçal e da Atalaia no Caniço, as Grutas do Cavalum e a disjunção prismática da escoada basáltica dos Maroços, a arriba do Cabo Girão, a queda de

água conhecida pelo “Véu da Noiva” que está relacionada com o recuo rápido da costa deixando suspensa a ribeira de João Delgado, o depósito Glaciar no Paul da Serra, entre outros inúmeros geossítios que representam em simultâneo belezas naturais e testemunhos da evolução geológica da terra.

No âmbito do Geoturismo, poderia ser implementado na Região Autónoma da Madeira, um projecto que visasse a caracterização física de regiões de interesse geoturístico, fomentando o desenvolvimento dessa actividade, de acordo com o Plano de Visitas de Estudo e expedições Científicas, divulgando alternativas de roteiros e a disseminação do conhecimento das informações geoambientais. Tal projecto deveria prever também a organização de informações geoturísticas da região em bases de dados, abrangendo a caracterização física e a evolução dos processos formadores de paisagens de beleza cénica que constituam monumentos geológicos.

Capítulo IV.

VULCANISMO

IV. VULCANISMO

IV.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo consiste numa fundamentação teórica, organizada num texto e ilustrada com diversas imagens e esquemas explicativos, sobre conceitos básicos na área da Vulcanologia.

Tendo em conta que o principal objecto de estudo abordado nesta dissertação, o “Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade”, é uma estrutura vulcânica que ilustra de forma exemplar a actividade eruptiva na ilha da Madeira, considerou-se pertinente efectuar uma pesquisa bibliográfica e analisar de um ponto de vista teórico o tema do Vulcanismo.

Para além do enquadramento teórico, fundamental no âmbito de uma dissertação, esta compilação tem como objectivo reunir informação didáctica sobre aspectos da vulcanologia tendo em vista a possível elaboração de brochuras e documentos de apoio ao público que possa visitar este ou outros locais de interesse geológico no Arquipélago da Madeira.

Com efeito, da mesma forma que o geossítio em questão merece ser considerado na inventariação do Património Geológico da Região Autónoma da Madeira, existem muitos outros locais que numa perspectiva vulcanológica são de excepcional interesse, merecendo de igual modo serem reconhecidos e conservados.

Assim, este capítulo poderá constituir a introdução teórica de um futuro projecto de inventariação do património geológico madeirense, ou uma base teórica explicativa dos processos e produtos da actividade vulcânica a constar de um possível manual que compile os monumentos de interesse geológico e os georroteiros onde estes estejam inseridos.

IV.2. UMA BREVE HISTÓRIA DO VULCANISMO

As erupções vulcânicas e os vulcões activos têm sido vistos pela Humanidade, desde os tempos mais remotos, com sentimentos mistos de medo e superstição, assim como de deslumbramento e interesse científico.

Nas sociedades ancestrais os fenómenos vulcânicos eram atribuídos a espíritos demoníacos e seres sobrenaturais que habitavam o interior da Terra.

Na Antiguidade Clássica, a civilização Grega relacionava os vulcões a entidades divinas e míticas (e.g. Vulcano, Pluto, Persephone, e Typhon) e considerava que as erupções vulcânicas eram o resultado de lutas entre os Deuses do Olimpo e os Titãs (Sigurdsson, 2000). Ainda neste período e na busca constante do conhecimento alguns filósofos e naturalistas Gregos, e mais tarde Romanos, começaram a procurar as causas físicas do vulcanismo. Entre eles destaca-se o filósofo grego *Empedocles de Agrigentum* (450 DC) que refere, pela primeira vez, a existência de processos internos na Terra, considerando-a “perfurada por muitos canais, de diferentes dimensões, por onde circulam a água, gases e o fogo” (Fig. IV.1). Segundo este modelo, as erupções vulcânicas resultavam do escape de elevadas concentrações de ar e gases que provocavam “grandes ventos” e propagavam “fogos” vindos do interior da Terra.

Estas noções de “vento” e “fogo” perduraram basicamente até ao século XVIII, momento em que emergiram escolas com ideias distintas: os Neptunistas, os Vulcanistas e, um pouco mais tarde, os Plutonistas.

A teoria *Neptunista* foi consolidada e divulgada principalmente por Abraham Gottlob Werner (1749-1817), da Academia de Minas de Freiberg, Alemanha (Fig. IV.2). Os Neptunistas, também chamados *wernerianos*, defendiam a origem marinha das rochas e formações geológicas, acreditando que a terra estivera completamente coberta por um oceano primordial⁴, em cujas águas teriam estado dissolvidos, ou em suspensão, todos os componentes minerais que formam as rochas⁵. Essas rochas ter-se-iam formado por deposição, em sucessivas camadas, sobre o núcleo de rochas primárias, essencialmente graníticas, datando do tempo da “Criação do Mundo” (Sigurdsson, 2000).

⁴ - Daí o nome da teoria, derivado de Neptuno, o deus greco-romano dos Mares.

⁵ - <http://www.triplov.com/galopim/tempo.html>

Na teoria neptunista, consistente com o episódio bíblico do Dilúvio, especulava-se que o basalto era um produto formado a baixas temperaturas, por precipitação química de minerais suspensos nas águas do referido oceano primordial. Entre outros aspectos, considerava ainda que as colunas de disjunção prismática em rochas basálticas eram “grandes cristais” formados por processos de precipitação química (Fig. IV.3) (Sigurdsson, 2000; Schmincke, 2004).

Contemporaneamente a A. G. Werner vários pensadores, tais como os franceses Jean Étienne Guettard (1715-1786), Nicolas Desmarest (1725-1815) e o escocês Sir William Hamilton⁶ (1730-1803), baseavam de forma pragmática as suas interpretações nas observações de campo (Fig. IV.4; Fig. IV.5 e Fig. IV.6). Com base em reconhecimentos efectuados em regiões vulcânicas de França e Itália (Fig. IV.5; Fig. IV.7; Fig. IV.8), estes *Vulcanistas* consideravam que as rochas basálticas tinham resultado do arrefecimento de rocha fundida, vinda do interior da terra até à superfície (Sigurdsson, 2000). No entanto, tanto Neptunistas como Vulcanistas explicavam o “fogo” das erupções como o resultado da oxidação de depósitos de enxofre e da combustão de veios de carvão (ou outras substâncias betuminosas) localizadas próximo da superfície da Terra (Sigurdsson, 2000; Schmincke, 2004).

Por sua vez, os *Plutonistas*, inicialmente através de Anton-Lazzaro Moro (1687-1750) e, mais tarde, James Hutton⁷ (1726-1797) (Fig. IV.2) e seus seguidores, acreditavam que as rochas teriam sido criadas pelo calor, no interior da terra e a partir de um magma, sendo depois trabalhadas por processos de erosão/deposição, num processo contínuo de criação e destruição. Especularam que as fontes do vulcanismo não estariam situadas próximo da superfície terrestre mas em zonas profundas do interior da Terra.

Finalmente a partir do séc. XIX, com os trabalhos desenvolvidos pelos alemães Leopold von Buch (1774-1853) e Alexander von Humboldt⁸ (1769-1859), a *Vulcanologia* ficou finalmente estabelecida como uma disciplina fundamental das Ciências da Terra. Presentemente, através de investigadores por todo o mundo, continua-se a procurar compreender os vulcões e o conjunto de processos que estiveram na sua origem.

⁶ - Pioneiro da Vulcanologia de campo reconhece diques e outras intrusões magmáticas e desenha, com rigor, as variações morfológicas ocorridas no Vesúvio durante a erupção de 1767.

⁷ - Por muitos considerado o “pai” da Geologia moderna.

⁸ - Os seus trabalhos salientaram a importância dos processos da Geodinâmica interna, defendendo que intrusões magmáticas poderiam deformar a crosta terrestre e gerar cadeias de montanhas.



Fig. IV.1. Ilustração *Opus Naturae Opus Intelligentiae -- Geocosmi Structura* representando um corte do interior da Terra, com canais por onde circulavam gases, a água e o fogo, segundo a teoria do filósofo grego Empédocles de Agriguntum (*floruit ca. 450 BC*) e realizada pelo jesuíta Athanasius Kircher na obra *Mundus Subterraneus*.

Fonte: <http://www.geocities.com>

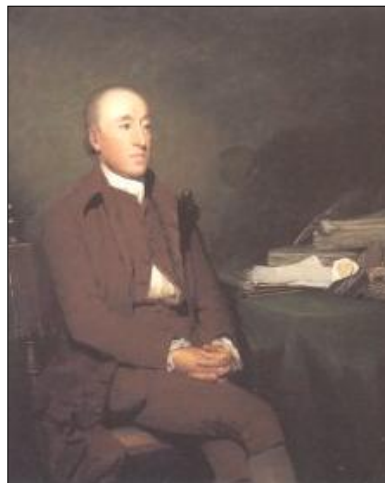
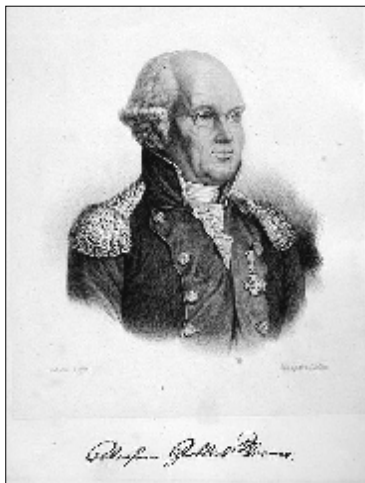


Fig. IV.2. Ilustrações de duas figuras proeminentes na História da Geologia: à esquerda, o geólogo alemão Abraham Gottlob Werner (1749-1817) que foi o líder da teoria Neptunista e, à direita, James Hutton eminente geólogo escocês do séc. XVIII, considerado como o "pai" da Geologia moderna. Fonte: <http://www.pt.wikipedia.org>

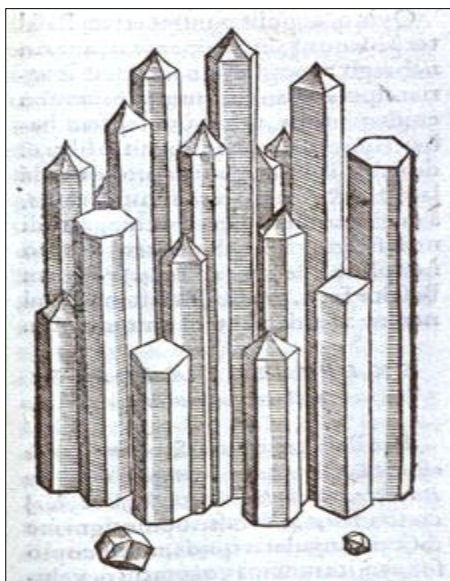


Fig. IV.3. Colunas de disjunção prismática em basaltos da região de Stolpen (Saxônia) desenhadas com pirâmides (imaginárias) no seu topo, uma vez que se acreditava que eram cristais gigantes formados por precipitação química. Ilustração inserida na obra de Conrad Gessner (1516-1565) intitulada "*De omni rerum fossilium genere*". Fonte: <http://www.lindahall.org/>



Fig. IV.4. Retrato de Jean Étienne Guettard (1715-1786). Fonte: <http://www.corpusetampoiss.com>



Fig. IV.5. Mapa da região de Auvergne (França) realizado por Nicolas Desmarest (1725-1815), no qual cartografou colunas de disjunção prismática em basaltos, demonstrando pela primeira vez a sua origem vulcânica. Fonte: <http://www.lindahall.org>.



Fig. IV.6. Retrato do escocês Sir William Hamilton. Fonte: <http://www.swisseduc.ch/>

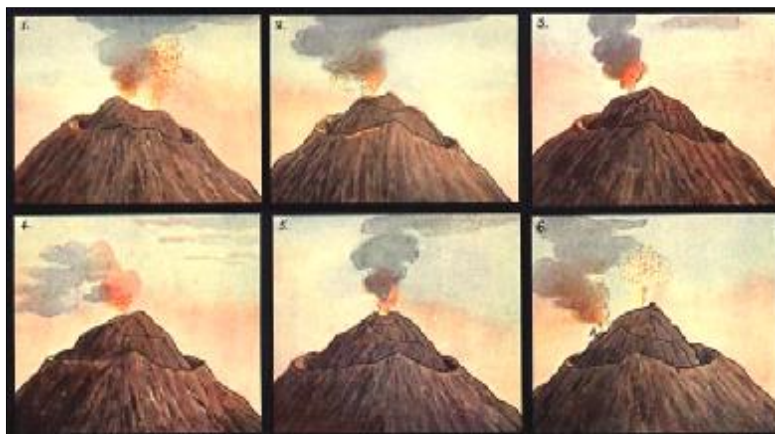


Fig. IV.7. Ilustrações do topo do Vesúvio, efectuadas por William Hamilton, durante a erupção de 1767. Fonte: <http://www.swisseduc.ch/>

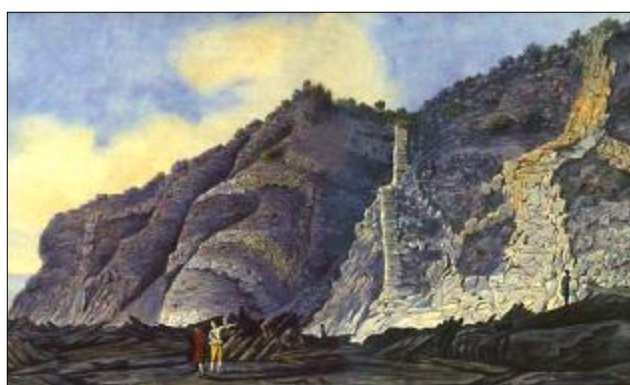


Fig. IV.8. Ilustração de diques na parede interior da caldeira do Monte Somma, segundo observações de campo efectuadas por Sir William Hamilton. Fonte: <http://www.swisseduc.ch/>

IV.3. VULCÕES, MAGMA E LAVA

A Terra é um planeta com uma dinâmica interna complexa cuja actividade se manifesta de formas diversas, das quais o *Vulcanismo* é um exemplo (Fig. IV.9). As erupções vulcânicas, violentas ou calmas, são a culminação de um conjunto de processos geológicos que definem um *Sistema Vulcânico/Magmático* (Schminck, 2004) no qual se podem identificar as seguintes zonas (Fig. IV.10):

- Génese de magma, através de fusão parcial/total de rocha;
- Ascensão, estagnação e diferenciação magmática em reservatórios;
- Erupção vulcânica com extrusão de materiais lávicos num vulcão.



Fig. IV.9. Erupção vulcânica no Mt St Helen's (USA). Foto retirada de Francis e Oppenheimer, 2004

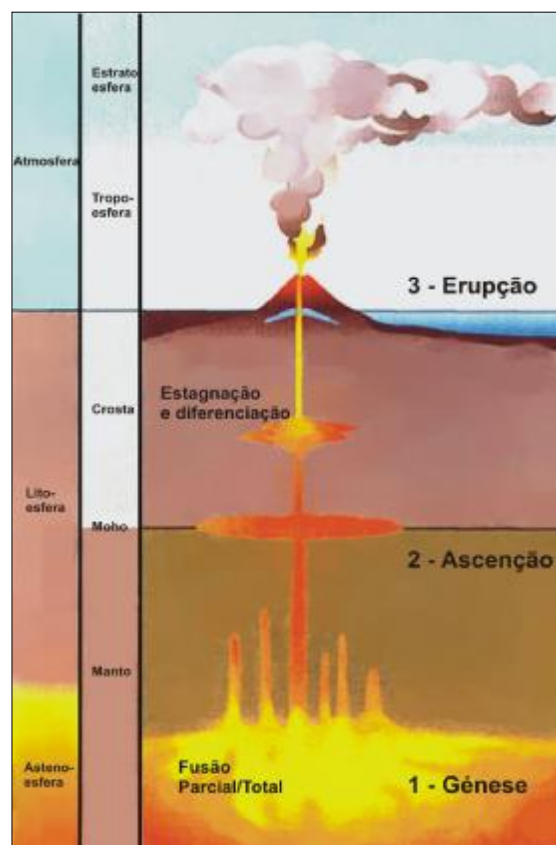


Fig. IV.10. Corte esquemático do Sistema Vulcano-Magmático (adaptado de Schminck, 2004).

Um *vulcão* é definido como uma estrutura geológica composta por uma câmara magmática, pelas condutas que permitem a ascensão do magma até à superfície e pelo edifício construído por acumulação de produtos extruídos, depositados em torno de um, ou mais, centros eruptivos (Fig. IV.11 e Fig. IV.12).

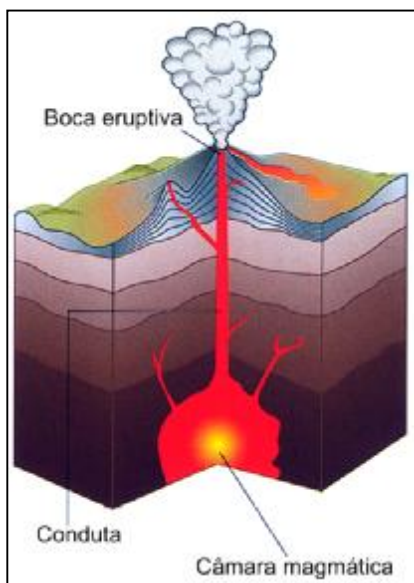


Fig. IV.11. Bloco diagrama representando a estrutura de um vulcão (adaptado de Rosi *et al.*, 2003).



Fig. IV.12. Erupção vulcânica de Abril de 1995 num cone adventício (ou secundário) ao Vulcão do Pico, ilha do Fogo, Cabo Verde. (Foto A. Brum).

O *magma* é vulgarmente definido como “rocha fundida que se encontra no interior da Terra”. Na realidade o magma é uma mistura multifase de alta temperatura que resultou da fusão parcial (ou total) de rochas, sendo constituída por três fases (Francis e Oppenheimer, 2004):

- Líquido viscoso (*melt*) de rocha fundida, principalmente de composição silicatada - *Fase Líquida* -
- Cristais e fragmentos de rocha (em suspensão no *melt*) - *Fase Sólida* -
- Voláteis (gases dissolvidos no *melt*) - *Fase Gasosa* -

Magma e Lava não são sinónimos. Chama-se *Lava* ao magma que é extruído para a superfície terrestre no decurso de uma erupção vulcânica.

Os magmas resultam da fusão de rochas parentais que são compostas predominantemente por minerais da família dos silicatos e, por esta razão, a sua *composição química* é também maioritariamente silicatada. De acordo com o conteúdo em sílica (SiO_2) os magmas classificam-se em: *básicos* (SiO_2 inferior a 52%), *intermédios* (SiO_2 entre 52% e 63%) e *ácidos* (SiO_2 superior a 63%).

A composição química do magma não é constante, varia ao longo do tempo como resposta às alterações do ambiente onde se localiza. Assim, durante o processo de ascensão o magma sofre diversas modificações, não só na composição química da fase líquida mas também no conteúdo em sólidos e voláteis. A *lava* é o

produto final de um magma que sofreu a última série de importantes modificações físicas e químicas, neste último caso decorrentes dos processos intrínsecos à extrusão vulcânica.

IV.4. ROCHAS ÍGNEAS OU MAGMÁTICAS

As rochas que resultam da solidificação do magma designam-se *rochas ígneas* ou *magmáticas* e constituem cerca de 80% da massa da crosta terrestre. As rochas magmáticas podem ser divididas em plutónicas ou intrusivas, e vulcânicas ou extrusivas.

As *rochas plutónicas* são formadas a partir do arrefecimento do magma no interior da crosta, sem contacto directo com a superfície. Como o arrefecimento do magma é lento, ocorre a cristalização de todos os seus minerais pelo que este tipo de rochas apresenta uma estrutura maciça e texturas granulares⁹. Como exemplo de rochas plutónicas podem referir-se: o gabro, o diorito, o granodiorito e o granito.

As *rochas vulcânicas* formam-se à superfície, ou muito perto dela, e resultam do arrefecimento da lava expelida pelos vulcões. Arrefecem de forma rápida apresentando normalmente textura afanítica e com frequência, rochas de textura vítrea. O basalto, traquito e andesito são exemplos de rochas vulcânicas.

As rochas filonianas são aquelas que se instalam em fendas, falhas e outros planos de anisotropia das rochas. Formam-se geralmente na dependência de um corpo intrusivo que serve de fonte do magma que injecta esses planos. Podem ter variadas texturas, consoante o tempo de arrefecimento e/ou a contaminação de fluidos hidrotermais. Os aplitos e os pegmatitos são dois exemplos de rochas filonianas. Os primeiros têm uma granularidade muito fina, enquanto que os segundos apresentam granularidade bastante grosseira¹⁰.

⁹ - A textura de uma rocha ígnea é definida pelo conjunto de características dos seus componentes mineralógicos: as suas dimensões absolutas e relativas, a sua forma e relações geométricas entre si. Numa textura granular os minerais são suficientemente grandes para serem identificados à vista desarmada.

¹⁰ - Fonte: http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_geologico/

IV.5. A GÉNESE DOS MAGMAS

Os magmas formam-se por fusão de rochas da zona do manto superior, ainda que ocasionalmente se possam produzir a menor profundidade, na crosta. A fusão de material rochoso depende de vários factores, os quais podem actuar de forma isolada ou em conjunto, nomeadamente (Fig. IV.15):

- Descompressão;
- Aumento da temperatura;
- Incremento e/ ou variação de composição de fases fluidas.

Assim, pode ocorrer a génese de magma quando o material rochoso parental sofre um forte aumento de temperatura, ou quando uma rocha, inicialmente submetida a pressões e temperaturas muito elevadas, sofre uma diminuição de pressão considerável. Do mesmo modo, em condições de pressão e temperatura constantes, a assimilação de fases fluidas (água) por parte de alguns minerais constituintes da rocha baixa a temperatura de fusão.

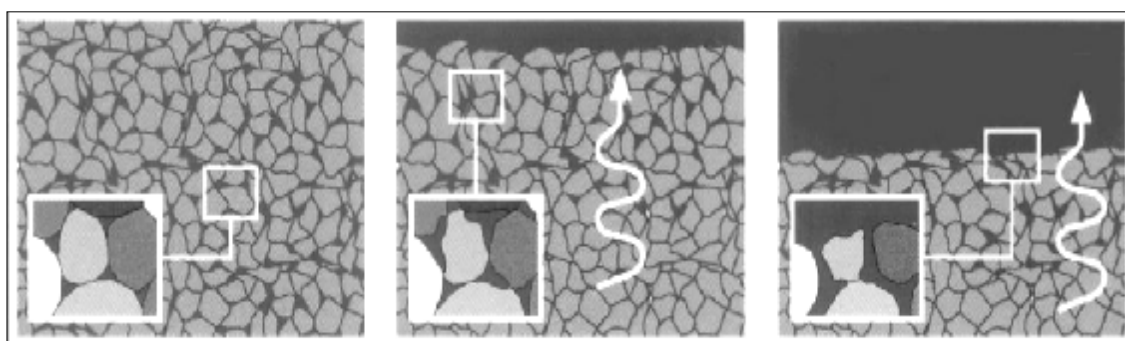


Fig. IV.13. Esquema que ilustra o processo de fusão parcial (adaptado de Martí *et al.*, 2001).

A fusão das rochas é um processo que ocorre geralmente de forma parcial, isto é, afecta apenas uma parte da rocha e não a sua totalidade (Fig. IV.13). Tal facto deve-se à circunstância dos seus componentes minerais terem temperaturas de fusão distintas, a uma pressão determinada; assim, apenas alguns minerais sofrem fusão e em determinadas proporções. Os líquidos magmáticos produzidos inicialmente vão evoluir à medida que afectam progressivamente os restantes minerais da rocha. Os magmas formados *in situ* e que não tenham sofrido processos de diferenciação são denominados de *magmas primários*.

IV.6. ASCENSÃO DO MAGMA

IV.6.1. Propriedades físicas do magma

Conjuntamente com a composição química, a *densidade*, a *viscosidade* e a *temperatura* são três das propriedades físicas dos magmas que condicionam de modo mais significativo os processos de ascensão e de erupção vulcânica (Fig. IV.14).

A *densidade* do magma varia principalmente em função do conteúdo em sílica (SiO_2). Assim, magmas de composição básica, sendo mais pobres em sílica, têm uma densidade mais elevada em consequência do maior número de cátions metálicos (pesados) incorporados na sua estrutura (Martí *et al.*, 2001). Os magmas de composição ácida são, pois, menos densos.

A *viscosidade* é mais elevada nos magmas ácidos do que nos magmas básicos. Tal facto deve-se ao maior número de ligações químicas das moléculas de sílica¹¹ existente nos magmas ácidos (Martí *et al.*, 2001).

No que respeita à *temperatura* de fusão, estas são mais altas nos magmas básicos, podendo atingir aos 1200°C , enquanto que nos magmas ácidos só se atingem temperaturas de fusão entre os 700 e os 900°C (Francis e Oppenheimer, 2004).

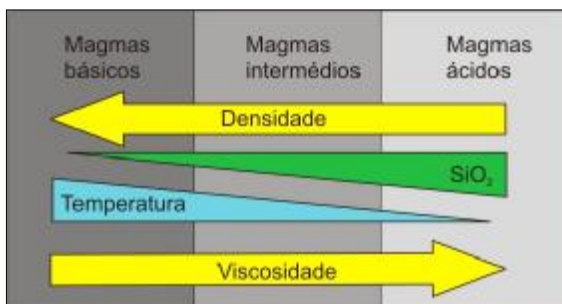


Fig. IV.14. Variação da composição química e das propriedades físicas dos magmas. Adaptado de Martí *et al.*, 2001.

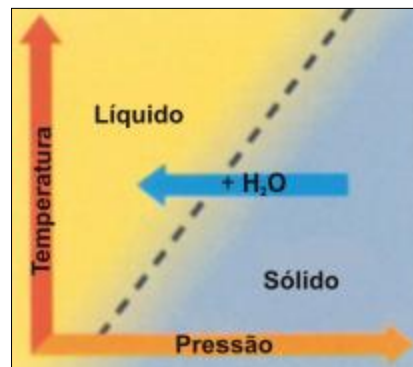


Fig. IV.15. Factores que influenciam a fusão das rochas em profundidade.

¹¹ - Com o aumento da temperatura diminui a viscosidade do magma. Tal deve-se ao aumento da energia cinética, resultando na excitação das moléculas, e consequente a quebra de ligações.

IV.6.2. Mecanismos de ascensão

Uma vez formados, os magmas tendem a ascender em direcção à superfície como consequência da menor densidade em relação a densidade das rochas que os rodeiam e da expansão volumétrica que sofrem. Com efeito, em profundidade o magma está sujeito a pressões muito elevadas devido à carga litostática exercida pelas rochas sobrejacentes; se o volume de magma gerado for muito grande, superior à pressão exercida pelas rochas encaixantes, então o líquido magmático (menos denso) pode separar-se definitivamente da zona de fusão e iniciar a sua ascensão para zonas mais superficiais. Os mecanismos de ascensão do magma podem ser de dois tipos (Martí *et al.*, 2001) (Fig. IV.16):

- Por movimentação diapírica;
- Por bombeamento, através de fracturas.

A movimentação diapírica consiste na ascensão de grandes bolsadas de rocha fundida que se deslocam para a superfície devido à força de flutuação do magma. A movimentação diapírica só é possível quando as rochas encaixantes são suficientemente plásticas para se deformarem ao entrarem em contacto com o magma a alta temperatura.

A ascensão por bombeamento é produzida pela pressão gerada pelo magma ao longo de descontinuidades estruturais (fracturas) à medida que se desloca para a superfície. Estas injeções geram ao longo do seu trajecto ascensional um comportamento plástico do encaixante com a abertura e fecho das fracturas.

IV.6.3. Câmaras magmáticas

Durante o processo de ascensão o magma pode diminuir a sua velocidade e ficar retido em zonas sub-superficiais da crosta dando origem a uma, ou mais, câmaras magmáticas. Estes reservatórios situam-se a profundidades entre 1 e 60 km e podem ser realimentados periodicamente por líquidos magmáticos provenientes de zonas de fusão mais profundas (Fig. IV.17).

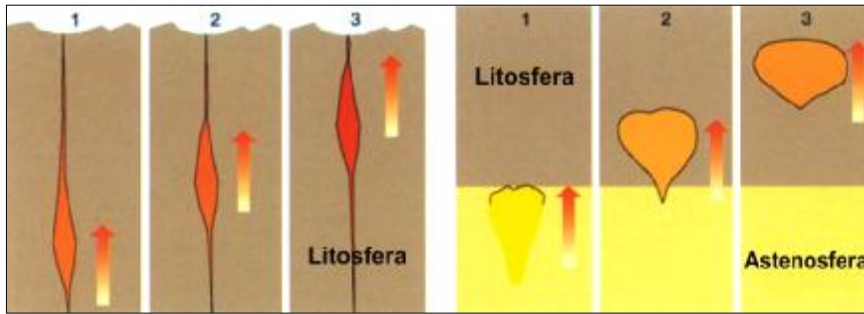


Fig. IV.16. Os mecanismos de ascensão do magma: por bombeamento (à esquerda) e por ascensão diapírica (à direita). Adaptado de Martí *et al.*, 2001.

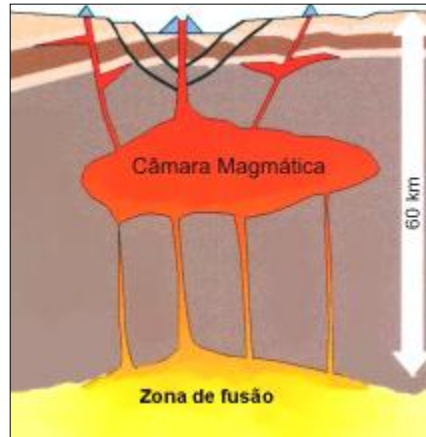


Fig. IV.17. Esquema de uma câmara magmática. Adaptado de Martí *et al.*, 2001.

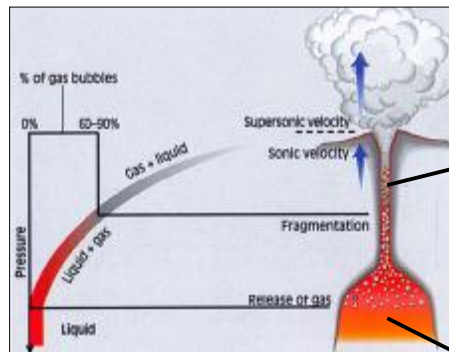


Fig. IV.18. Expansão de gases numa conduta vulcânica (cima) e na câmara magmática. Adaptado de Rosi *et al.*, 2003 e Martí *et al.*, 2001.

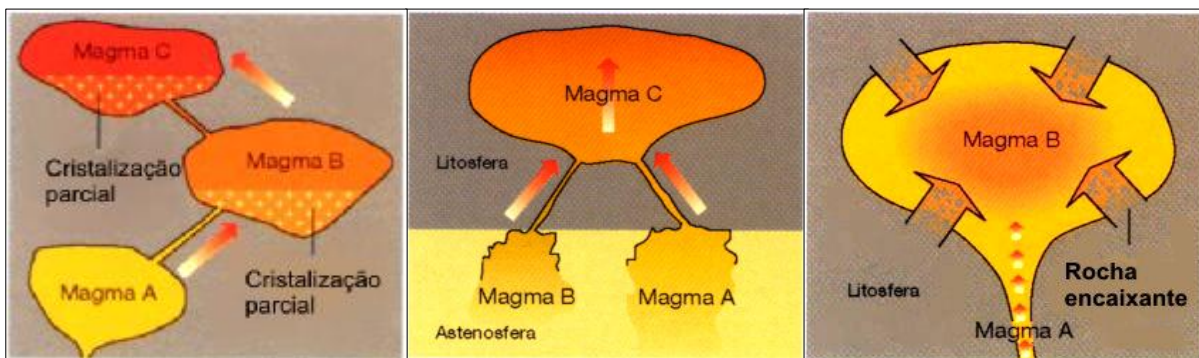
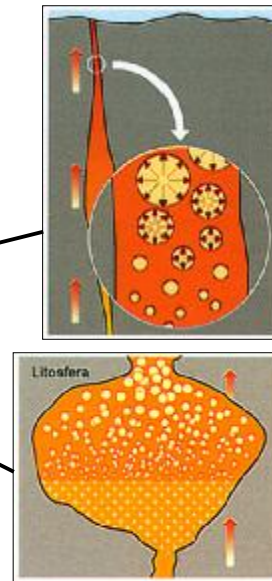


Fig. IV.19. Principais mecanismos de diferenciação magmática: cristalização fracionada (esquerda), mistura de magmas (centro) e assimilação de rochas do encaixante (direita). Adaptado de Martí *et al.*, 2001.

Como já foi referido anteriormente, se o magma permanecer muito tempo num reservatório poderá arrefecer de forma contínua e gradual até cristalizar por completo dando assim origem às rochas plutónicas.

Se o armazenamento do magma em câmaras sub-superficiais for temporário produzem-se importantes modificações na sua composição química, determinando uma diferenciação magmática que depende do tempo de residência.

Noutros casos a ascensão do magma pode ocorrer de forma muito rápida, directamente para a superfície e sem paragens. Tal é a situação de alguns magmas que provêm de uma pluma mantélica com muita energia, que podem passar directamente da sua zona de fusão para a superfície, porém, o mais comum é que se detenham numa câmara magmática.

IV.6.4. Voláteis no magma

Os compostos voláteis mais comuns nos magmas são o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2) e o dióxido de enxofre (SO_2). A solubilidade destes gases depende da pressão e temperatura a que se encontra o magma.

À medida que se dá a ascensão do magma diminui a pressão litostática e consequentemente os voláteis que se encontram dissolvidos separam-se do líquido magmático e formam uma fase gasosa independente, concentrando-se em bolhas que aumentam em número e dimensão (Fig. IV.18).

IV.6.5. Processos de diferenciação magmática

Durante a ascensão o magma sofre processos de diferenciação que produzem variações na sua composição. Como consequência originam-se os denominados *magmas diferenciados* ou *derivados*, cuja composição pode ser muito diferente do magma primário correspondente.

Os principais mecanismos de *diferenciação magmática*, actuando isoladamente ou em conjunto, são os que se analisam de seguida (Fig. IV.19).

IV.6.5.1. Imiscibilidade de líquidos

A imiscibilidade de líquidos magmáticos consiste na separação de um líquido magmático inicialmente homogéneo em duas fases líquidas imiscíveis e distintas composicionalmente. Cada um deles vai dar origem a rochas de composições diferentes.

Nalguns casos a imiscibilidade de líquidos magmáticos pode resultar num líquido rico em fracções metálicas, separado de outro rico em fracções silicatadas.

IV.6.5.2. Cristalização fraccionada

O magma primário é constituído por elementos e compostos químicos com diferentes pontos de fusão e de cristalização. À medida que a temperatura do magma baixa atingem-se sucessivamente as temperaturas de cristalização dos diversos materiais que solidificam e se diferenciam do líquido magmático residual. Os primeiros cristais a serem formados são os de mais alto ponto de fusão (ferro-magnesianos) que ficam em desequilíbrio com o sistema e tendem a reagir com o líquido magmático residual para formar novos minerais estáveis a temperaturas sucessivamente mais baixas. No decorrer do processo e até às fases finais de cristalização, vão precipitando os minerais de ponto de fusão cada vez mais baixo, culminando na cristalização do quartzo.

Assim, através de um processo de cristalização fraccionada define-se uma sequência ou ordem pela qual os cristais se vão formando (Séries de cristalização de Bowen, ver Cap. IV.6.6), que pode ser alterada por factores, tais como, variações de pressão ou injeção de fases fluidas na câmara magmática.

Devido a diferenças de densidade relativamente ao magma, os cristais mais densos (e.g. olivinas, plagioclases, piroxenas) acumulam-se na base do reservatório magmático, enquanto que os menos densos (feldspatos) dirigem-se para a porção superior da câmara. Este processo, também referido como diferenciação gravítica, cria uma zonagem vertical de diferentes composições de magma, na câmara magmática.

Explica-se assim o facto de, por vezes, ocorrerem erupções vulcânicas de composições intermédias e ácidas em enquadramentos geotectónicos em que seria de esperar vulcanismo basáltico.

IV.6.5.3. Assimilação do encaixante

Durante a ascensão do magma para zonas mais superficiais pode surgir a assimilação de rochas do encaixante, o que implica uma variação na composição do magma original (Fig. IV.19). Podem ocorrer duas situações possíveis:

Quando o magma incorpora porções de rochas encaixantes das paredes das condutas vulcânicas, fundindo-as;

Quando se verificam colapsos de paredes da câmara magmática para dentro do líquido magmático e, conseqüentemente, ocorre fusão dessas rochas encaixantes.

IV.6.5.4. Mistura de magmas

A mistura de magmas ocorre fundamentalmente durante a residência em câmaras magmáticas, como consequência de novas injeções de magmas de composição diferente (primários, ou mais evoluídos), que variam a composição do magma ali acumulado (Fig. IV.19).

IV.6.6. Séries de Bowen

À medida que o magma vai arrefecendo, vários elementos químicos começam a formar ligações químicas e cristalizarem na forma de minerais (cristais). Esta cristalização inicia-se quando há uma queda da temperatura no magma abaixo de um valor crítico, que varia com a composição do magma e também, em menor

escala, com a pressão. Os primeiros cristais a formar-se são aqueles cujo ponto de fusão é mais alto, acabando o processo com a cristalização daqueles que têm um ponto de fusão muito mais baixo, ou seja, quando o magma está quase arrefecido e consolidado.

A tendência geral de cristalização de magmas, até à sua completa diferenciação, é demonstrada pelas Séries de Reacção de Bowen (Fig. IV.20). Estas séries foram idealizadas pelo petrólogo Norman L. Bowen (1887-1956) que demonstrou em 1928 que, ao longo de um processo de arrefecimento progressivo de um magma, há uma sequência ideal de cristalização de silicatos. Trata-se de um processo durante o qual o magma residual empobrece em elementos à medida que se vão constituindo novos minerais.

Para magmas de composição básica ou intermédia a temperaturas elevadas, a progressão geral de cristalização resultante de um arrefecimento lento pode ser separada em dois ramos. Um ramo contínuo descreve a evolução das plagioclases desde um extremo mais rico em cálcio (anortite) a um extremo mais rico em sódio (albite). O outro ramo é descontínuo e descreve a formação de minerais máficos, respectivamente, olivina, piroxena, anfíbola e biotite.

A dada temperatura ambos os ramos fundem num único que descreve a formação de minerais comuns em rochas félsicas, ortoclase, moscovite e quartzo.

Esta sequência ideal de cristalização permite interpretar as composições mineralógicas e texturas das rochas magmáticas, sendo possível a partir destas associações de minerais inferir sobre condições químicas e físicas do magma que as originou. Deste modo permite compreender porque certas espécies minerais surgem associadas em rochas magmáticas, e outras não.

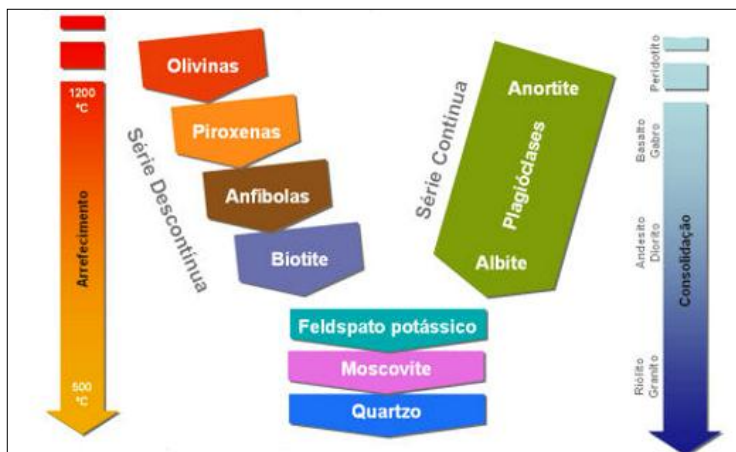


Fig. IV.20. Séries de Reacção de Bowen.

Fonte: <http://www.cientic.com/>

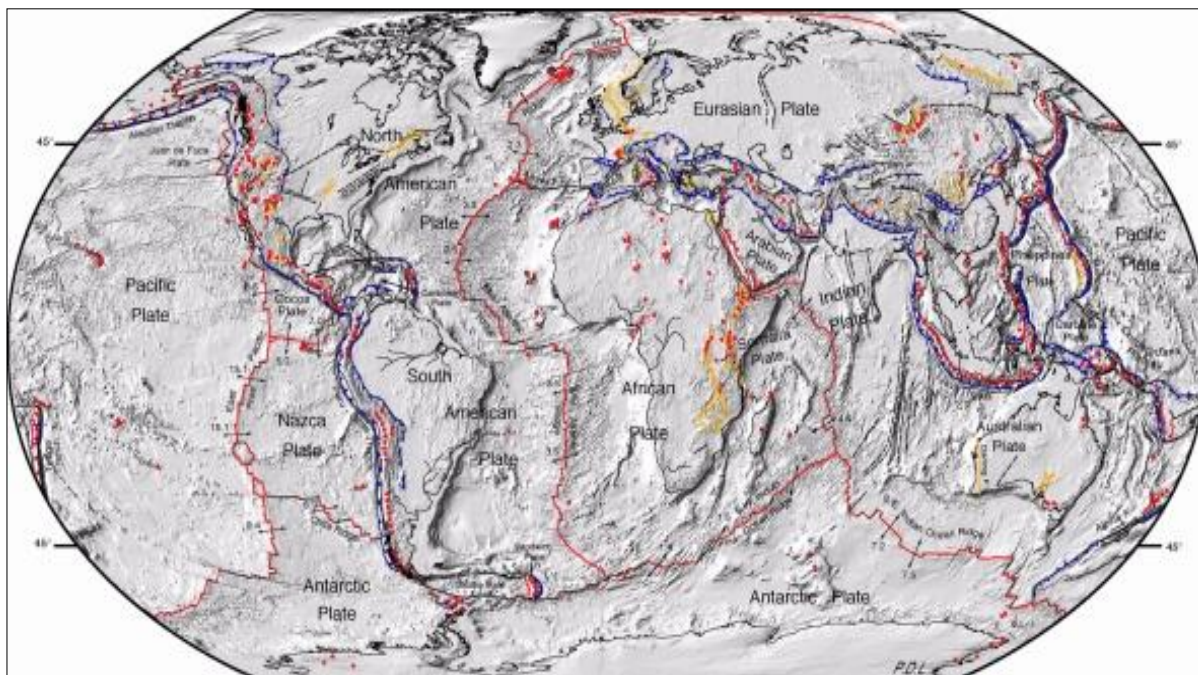


Fig. IV.21. Mapa da distribuição global das principais placas tectónicas ou litosféricas e vulcanismo ocorrido no último milhão de anos (pontos a vermelho). Fonte: <http://core2.gsfc.nasa.gov/>

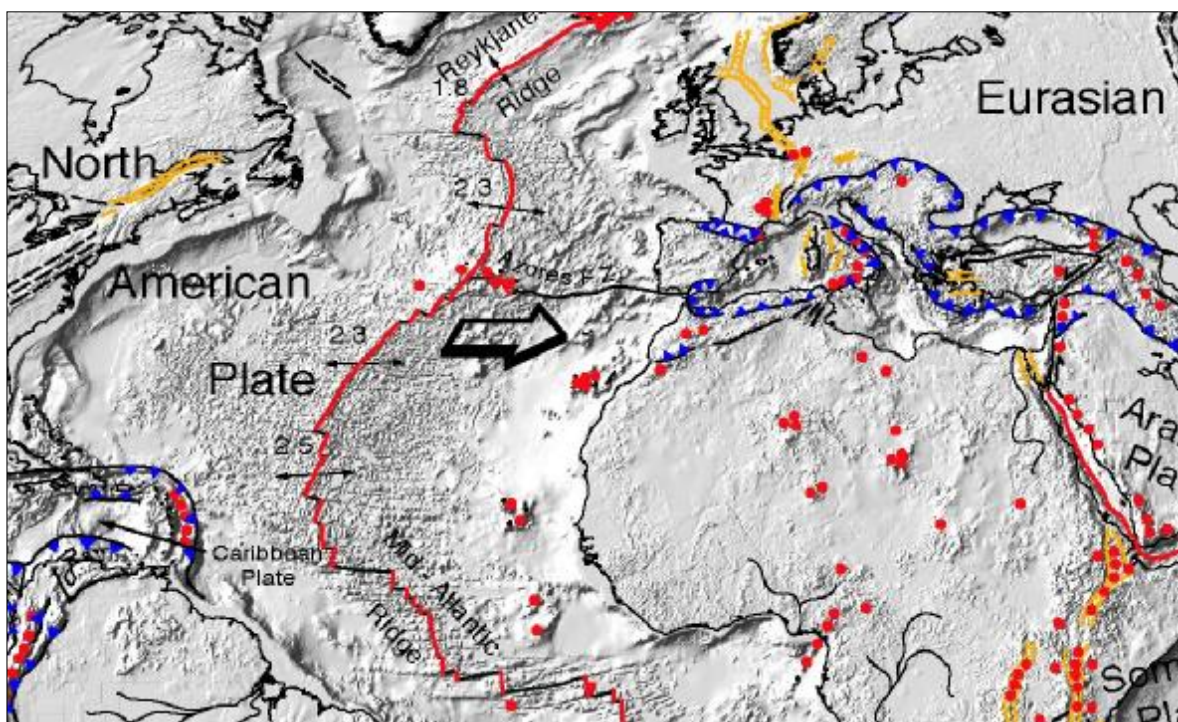


Fig. IV.22. Enquadramento Geodinâmico do Arquipélago da Madeira (ver seta para localização). Fonte: <http://core2.gsfc.nasa.gov/> (pormenor do mapa anterior).

IV.7. AMBIENTES GEODINÂMICOS DO VULCANISMO

Ao analisar a distribuição global dos vulcões activos verifica-se que há uma relação directa entre vulcanismo e tectónica de placas (Fig. IV.21 e Fig. IV.22). Assim, podem-se distinguir dois grandes contextos geotectónicos onde ocorrem vulcões activos: ao longo dos limites de placas (situação interplaca) ou no interior das placas litosféricas (situação intraplaca) (Fig. IV.23):

- Situação interplaca – corresponde a cerca de 95% da actividade vulcânica global, sendo que:
 - 80% está relacionada com *fronteiras de placas convergentes* ou *destrutivas*, isto é, em zonas de subducção associadas a arcos insulares (e.g. Alaska, Japão e Indonésia) e margens continentais (e.g. Andes e América do Norte) (Fig. IV.23-A e D);
 - 15% ocorre associada a *fronteiras de placas divergentes* ou *construtivas*, isto é, ao longo de dorsais oceânicas (e.g. Islândia) (Fig. IV.23-C) e riftes continentais (África oriental) (Fig. IV.23-E);
- Situação intraplaca - corresponde aos restantes 5% da actividade vulcânica global, a qual ocorre no interior das placas litosféricas, em crosta oceânica ou continental, em zonas designadas por *hot spots*, relacionadas com diapiros magmáticos ou plumas mantélicas geradas pela dinâmica convectiva do manto (e.g. Hawaii, Madeira¹²) (Fig. IV.23-B; Fig. IV.24; Fig. IV.25);

O ambiente geodinâmico em que o magma é gerado afecta fortemente as suas características composicionais, imprimindo uma espécie de “*assinatura química primordial*”. Esta mantém-se reconhecível, independentemente de modificações ocorridas em etapas de cristalização e evolução posteriores, permitindo identificar na história evolutiva do magma o seu contexto geodinâmico original.

¹² - O Arquipélago da Madeira tem origem num vulcanismo intraplaca, sendo explicado pela existência de um *hotspot* em crosta oceânica. O seu enquadramento geodinâmico é abordado, mais adiante, no Cap. V.

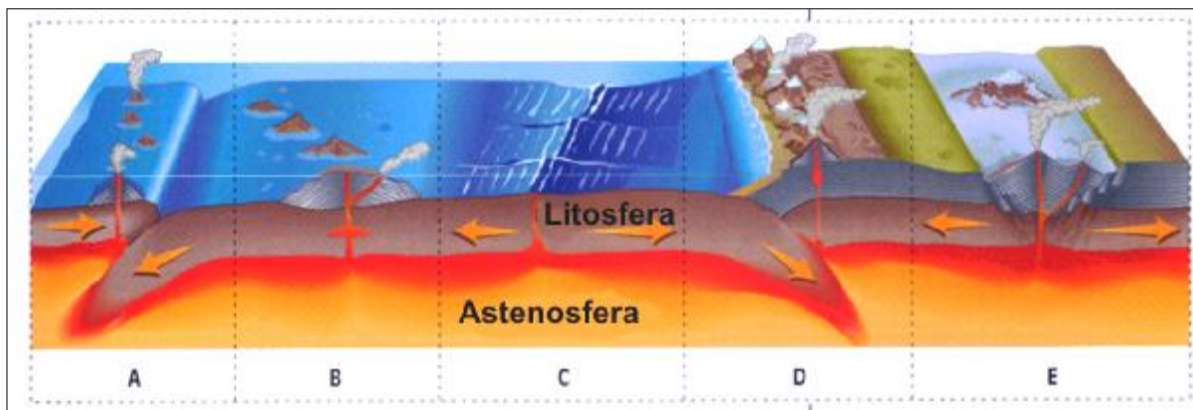


Fig. IV.23. Esquema dos diferentes ambientes geotectónicos onde ocorre o vulcanismo. No sector (C) ocorre a formação de nova crosta oceânica numa dorsal oceânica (C) a qual é subductada ao longo de uma margem continental (D) ou arco insular (A); a abertura de um novo oceano ocorre num rift continental (E); um *hot-spot* (B) ocorre onde uma pluma mantélica intersecta a placa em movimento. As setas indicam o sentido do movimento das placas litosféricas sobre a Astenosfera (adaptado de Rosi *et al*, 2003).

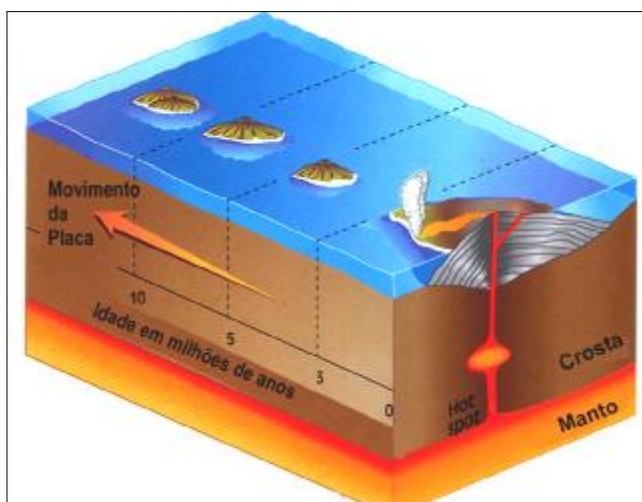
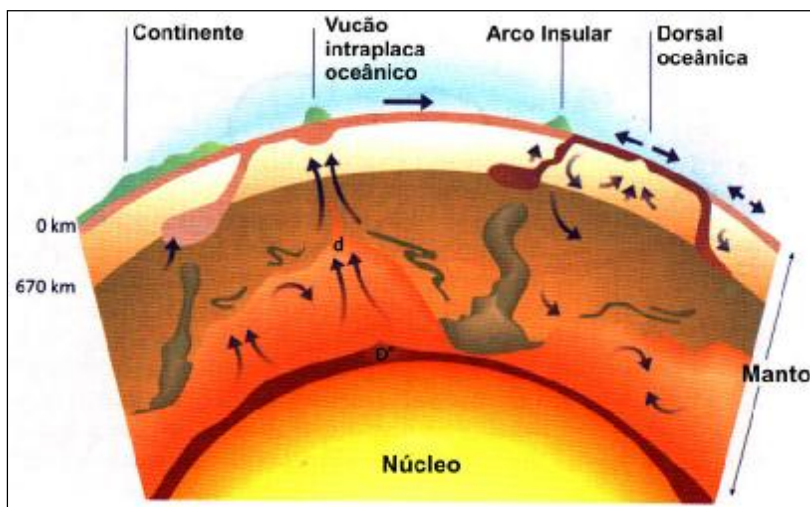


Fig. IV.24. Bloco-diagrama ilustrando a formação de ilhas vucânicas, num ambiente geodinâmico intraplaca, associadas ao deslocamento de uma placa litosférica sobre um *hot-spot* fixo (adaptado de Rosi *et al*, 2003).

Fig. IV.25. Modelo sintético da dinâmica de placas e das fontes magmáticas. Os magmas de vulcões intraplaca que ocorrem em crosta oceânica podem ter origem em diapiros ou plumas mantélicas enraizadas no Manto Inferior (zona d D'') (adaptado de Schmincke, 2004).



Nas dorsais oceânicas ocorre a separação de duas placas tectónicas com estiramento da crosta litosférica (Fig. IV.25; Fig. IV.26). Este facto produz um empolamento térmico e rebaixamento da pressão nos materiais do manto superior originando, conseqüentemente, a fusão de grandes volumes de rocha ocorrendo vulcanismo básico, constituído por séries magmáticas de *basaltos toleíticos*, que ascendem de modo contínuo ao longo do eixo da dorsal ou crista oceânica.

O vulcanismo intraplaca em domínio oceânico ocorre em pontos quentes (*hotspots*) gerados por um incremento anómalo da temperatura no manto. Estes focos vulcânicos são relacionados com plumas ascendentes de materiais quentes provenientes de zonas mais profundas, do manto inferior, geradas por uma complexa dinâmica convectiva do manto¹³ (Fig. IV.27). Neste contexto o vulcanismo é básico e constituído por séries magmáticas de *basaltos alcalinos*.

A convergência de placas em zonas de subducção intra-oceânica (Fig. IV.28) provoca que uma das placas litosféricas (crosta oceânica), mais fria e densa, mergulhe em direcção ao manto, originando uma diminuição da temperatura nessa zona mais profunda. Ao mesmo tempo que se processa o afundamento da placa, grandes quantidades de água e sedimentos são adicionadas ao sistema mineral do manto. Estes dois factores contribuem para o rebaixamento do ponto de fusão dos minerais das rochas mantélicas, introduz um enriquecimento em sílica e aumenta o conteúdo em gases no sistema. Assim ocorre a génese de magma por fusão parcial da placa mergulhante (conjuntamente com rochas do manto), resultando na construção de arcos insulares sobre as zonas de subducção; gera-se um vulcanismo geralmente mais rico em sílica e potássio, constituído por séries magmáticas calco-alcalinas.

As zonas de subducção em margens continentais (Fig. IV.29) e alguns vulcões intraplaca estão associadas, por sua vez, a líquidos magmáticos que receberam fortes contribuições de sedimentos e materiais da crosta continental conduzindo a um enriquecimento em sílica e componentes fluidas (água); conseqüentemente, as suas composições são intermédias a ácidas, constituídas por séries magmáticas calco-alcalinas e séries potássicas (margens continentais num estado avançado de evolução), gerando rochas andesíticas, dacíticas e riolíticas (Rosi *et al*, 2003; Francis e Oppenheimer, 2004).

¹³ - Consultar <http://www.mantleplumes.org/>.

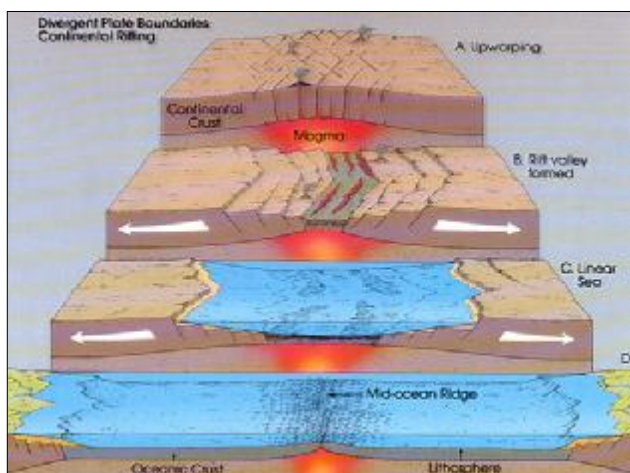


Fig. IV.26. Evolução de uma fronteira de placas divergente por um processo de rifting, com estiramento da crosta. Retirado de <http://www.mrsciguy.com/>

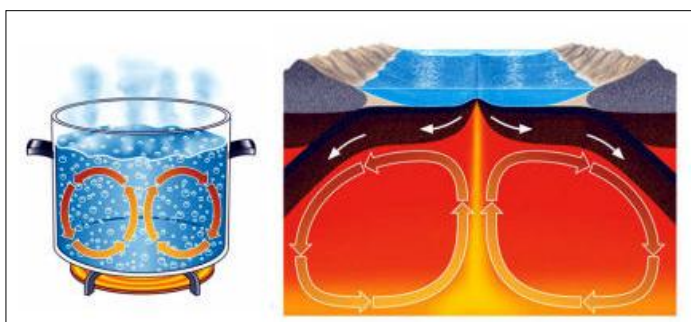


Fig. IV.27. A dinâmica do manto é explicada por correntes de convecção na dependência de uma fonte de calor. Adaptado de <http://www.cientic.com/>

Fig. IV.28. Bloco diagrama de uma zona de subducção intra-oceânica com formação de vulcanismo de arco insular. Retirado de Schmincke, 2004.

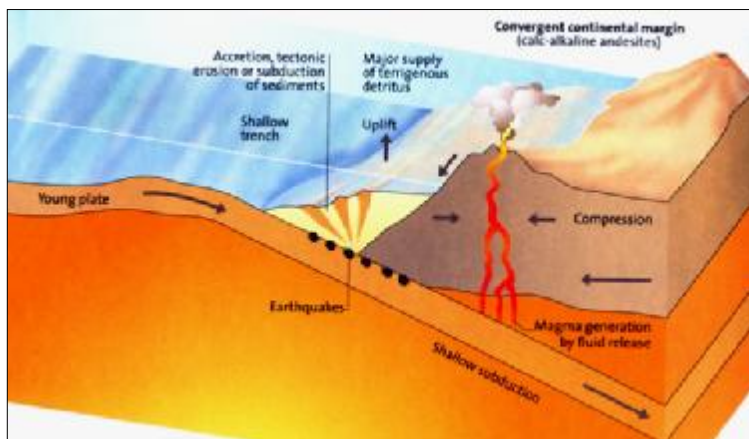
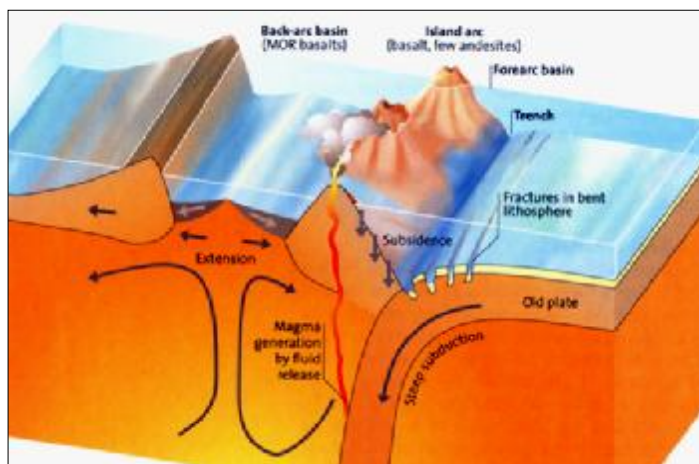


Fig. IV.29. Bloco diagrama de uma zona de subducção em margem continental. Retirado de Schmincke, 2004.

IV.8. ERUPÇÕES VULCÂNICAS

IV.8.1. A actividade eruptiva

A actividade eruptiva consiste na extrusão de material vulcânico para a superfície terrestre, através de um ou mais centros emissores¹⁴.

No decurso da formação de uma região vulcânica, como a região compreendida pelas ilhas do Arquipélago da Madeira, podem-se identificar e cartografar até cinco unidades de actividade eruptiva, hierarquizadas segundo o seu tempo de duração, períodos de erosão e estilo eruptivo. Assim consideram-se as seguintes unidades de actividade eruptiva: a pulsação, a fase, a erupção, a época e período eruptivo (Martí *et al.*, 2001).

Uma *pulsação vulcânica* consiste numa curta emissão de materiais vulcânicos que pode durar desde segundos a alguns minutos. A deposição dos materiais extruídos neste período de tempo dá origem a um nível ou camada.

Uma *fase vulcânica* corresponde a um conjunto de pulsações de estilo eruptivo constante, que pode durar minutos, horas ou poucos dias. Os depósitos resultantes possuem características granulométricas, morfométricas e de compactação semelhantes.

Uma *erupção* é a unidade eruptiva base e pode durar desde poucos dias, meses ou mesmo anos. Inclui uma ou mais fases vulcânicas representada por várias sequências de depósitos. Assim, considera-se a ocorrência de duas erupções diferentes, a partir do mesmo centro emissor, quando decorreu um período de tempo suficientemente importante para se gerarem solos ou processos de erosão de origem “não-vulcânica”.

Uma *época eruptiva* engloba diversas erupções e pode durar algumas centenas ou milhares de anos. Durante este período pode ter tido lugar a génese de vários edifícios vulcânicos.

Um *período vulcânico* é a sucessão de diversa épocas eruptivas, separadas por intervalos de tempo grandes. Pode durar milhares a milhões de anos e dar origem a regiões ou campos vulcânicos.

¹⁴ - Como se explicará adiante a ocorrência de uma erupção vulcânica não está necessariamente associada à extrusão de material magmático, dito juvenil, à superfície; tal é o caso das explosões freáticas onde só o próprio calor vulcânico é suficiente para desencadear uma erupção.

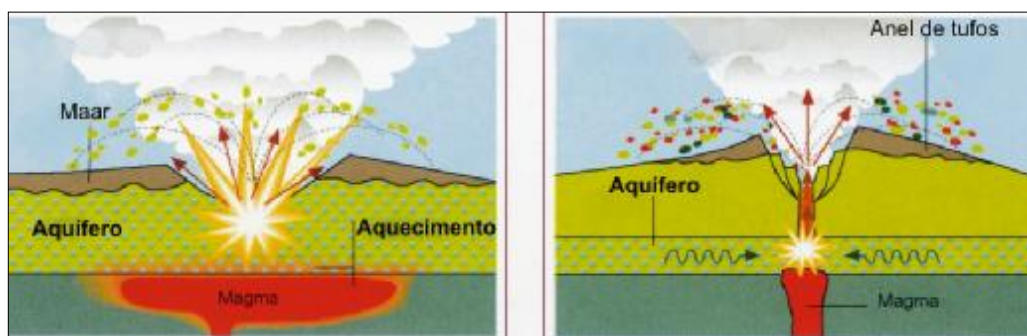


Fig. IV.30. Actividade eruptiva freática (esq.) e freatomagmática (dir.). Adaptado de Martí *et al.*, 2001.

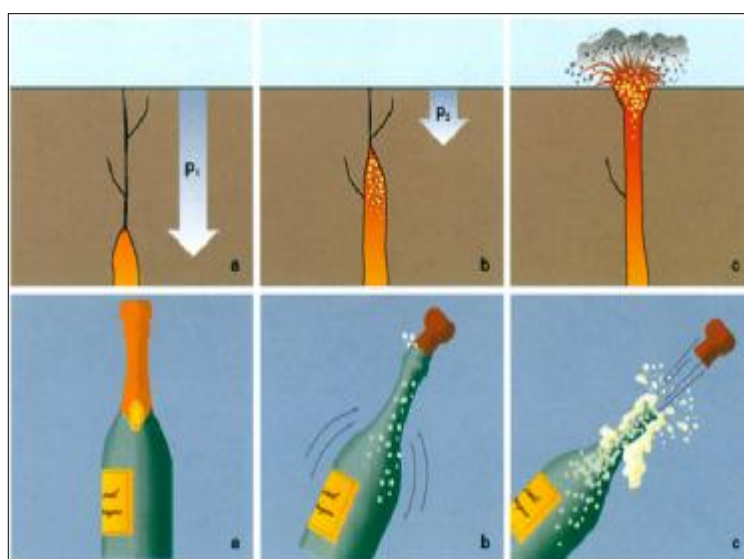


Fig. IV.31. Representação de uma explosão magmática. Legenda: a) o magma em profundidade encontra-se submetido a uma pressão mais elevada do que a pressão atmosférica e, por isso, os gases encontram-se dissolvidos no magma, tal como os gases numa garrafa de champanhe antes de se retirar a rolha; b) ao ascender, por desobstrução das condutas vulcânicas, o magma sofre uma descompressão rápida e os gases expandem-se e formam bolhas; ao retirar a rolha da garrafa começam a formar-se muitas bolhas no gargalo; c) os gases fragmentam o magma e expulsam-no para o exterior sob a forma de “gotas” de lava; a rolha é expulsa de forma violenta e o líquido é derramado para o exterior.



Fig. IV.32. Erupção freática no vulcão St. Helen, USA. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.

IV.8.2. Tipos de actividade eruptiva

As características da actividade eruptiva dependem fundamentalmente do *conteúdo em voláteis* existente no magma quando da erupção; esta característica depende, por sua vez, da composição do magma primário e do grau de diferenciação que ocorreu durante o trajecto de ascensão para a superfície.

Outro factor muito importante é a presença de *água* no local da erupção e a sua eventual interacção com o magma. Desta interacção resulta um violento aumento de vapor de água no sistema vulcânico. Esta actividade designa-se de *hidromagmática* quando a água é proveniente de lagos, rios, glaciares ou do mar, e de *freatomagmática* quando níveis freáticos são atravessados por condutas vulcânicas (Fig. IV.30).

Assim, em função de todos estes factores, podem-se distinguir dois tipos principais de actividade eruptiva: a *efusiva* e a *explosiva*.

As *erupções efusivas* caracterizam-se pela emissão de lava parcialmente desgaseificada, que flui sobre a superfície topográfica por acção da gravidade formando *derrames* ou *escoadas lávicas*. Normalmente este tipo de erupções está associada a magmas básicos, pobres em sílica e voláteis.

Contrariamente, as *erupções explosivas* estão associadas a magmas com um elevado conteúdo de voláteis até próximo da superfície. No troço final da ascensão e ainda nas condutas vulcânicas, os voláteis exsolvem-se do magma e concentram-se em bolhas de gás que se expandem bruscamente, interagindo entre si e com o líquido magmático; dá-se então a projecção violenta de fragmentos de lava líquida, acompanhados, ou não, por fragmentos de rocha pré-existente, originando depósitos de *piroclastos* (Fig. IV.31).

O conteúdo em voláteis é por sua vez condicionado pela composição química da lava; quanto maior a percentagem em sílica, maior o grau de polimerização o que faz aumentar a viscosidade da lava, tornando difícil o escape dos gases, pelo que há maior probabilidade de ocorrer uma erupção explosiva.

Nalguns casos, uma erupção pode ser desencadeada apenas pelo contacto entre a água subterrânea e corpos de rocha sobreaquecidos por intrusões que não atingem a superfície (Fig. IV.32). Neste caso, pode ocorrer uma *erupção freática*, resultante da vaporização da água subterrânea que fragmenta as rochas

encaixantes e suprajacentes. Assim, os materiais fragmentados expelidos são exclusivamente constituídos por rocha pré-existente (fragmentos líticos), não sendo emitidos quaisquer produtos lávicos juvenis (Martí *et al.*, 2001).

Numa mesma erupção podem ocorrer manifestações efusivas e explosivas, seja em simultâneo, seja em momentos distintos. Este facto pode dever-se a vários factores tais como: variação da quantidade de voláteis disponíveis, variação da quantidade de magma disponível (taxa de efusão), por efeito da sismicidade, por instabilidade gravítica, entre outros (Madeira, 2005).

IV.8.3. Estilos eruptivos

Os estilos eruptivos são definidos a partir de uma tipologia que se baseia na magnitude da actividade eruptiva explosiva, mais concretamente no grau de fragmentação do magma e na altura da coluna eruptiva. Para tal definiram-se cinco tipos principais que tomam o nome do vulcão activo onde ocorreram algumas das mais importantes erupções históricas. Assim estabeleceram-se os seguintes estilos (Fig. IV.33):

- *Havaiano* - apresentam características eruptivas semelhantes à dos vulcões Mauna Loa e Kilauea, no Hawaii;
- *Estromboliano* - por semelhança à actividade eruptiva do vulcão Stromboli, em Itália;
- *Surtseiano* - apresentam características semelhantes à erupção da ilha de Surtsey, na Islândia;
- *Vulcaniano* - por semelhança à actividade do vulcão Vulcano, em Itália;
- *Peleano* - por semelhança à actividade do vulcão da montanha Pelée, na Martinica;
- *Pliniano* - nome derivado de Plínio o Novo, que descreveu a erupção do Vesúvio, que destruiu Pompeia e Herculano em 79 AD.

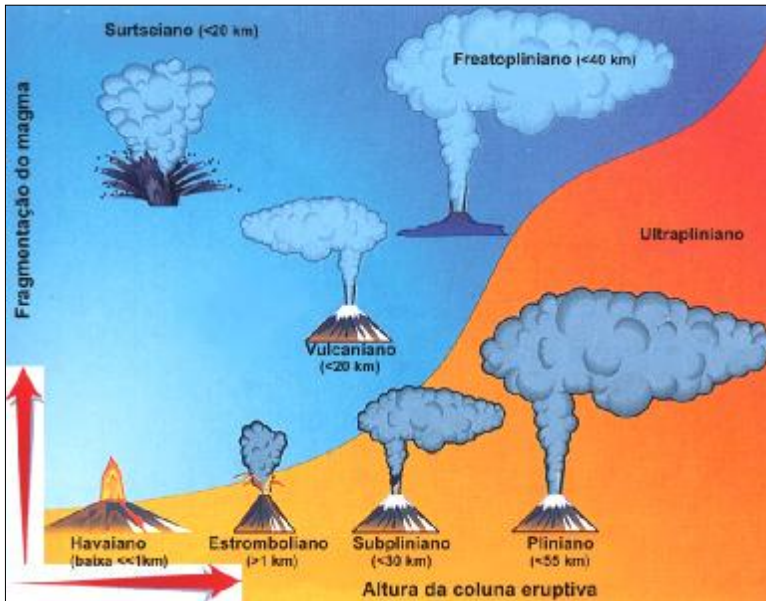


Fig. IV.33. Principais estilos eruptivos. Adaptado de Rosi *et al.*, 2003



Fig. IV.34. Erupção de estilo havaiano: na foto à esquerda um repuxo de lava; na foto à direita, emissão efusiva de derrames lávicos do tipo *pahoehoe* e um pequeno cone de escórias soldadas (*spatter cone*). Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.

Fig. IV.35. Erupção de estilo estromboliano, com emissão de piroclastos segundo trajetórias balísticas. <http://www.swisseduc.ch/>



IV.8.3.1. Estilo havaiano

A actividade eruptiva de estilo havaiano está geralmente associada a lavas basálticas de baixa viscosidade, com baixo teor em sílica e fraco conteúdo em gases.

No(s) centro(s) emissores podem-se formar frequentemente repuxos de lava (*lava fountains*) que podem atingir dezenas ou centenas de metros de altura (Fig. IV.34) e que alimentam escoadas lávicas basálticas do tipo *aa* ou do tipo *pahoehoe*. Os derrames são geralmente volumosos e rápidos devido à grande fluidez da lava. No interior das crateras podem-se formar lagos de lava (*lava lakes*).

A emissão de material piroclástico é diminuta, comparativamente ao volume total de lava extruído, acumulando-se sob a forma de *lapilli* ou bombas em torno do centro eruptivo, originando cones ou cristas de escórias soldadas (*spatter cones* e *spatter ramparts*) (Madeira, 2005).

IV.8.3.2. Estilo estromboliano

As erupções de estilo estromboliano estão normalmente associadas a lavas de composição basáltica, pouco viscosas, nas quais a circulação de bolhas de gás se processa com relativa facilidade até próximo da superfície. A súbita libertação dos gases, ainda no interior da chaminé vulcânica¹⁵, origina pequenas explosões separadas por períodos de tempo curtos (entre segundos a poucas horas).

O material lávico projectado é constituído geralmente por fragmentos piroclásticos da dimensão dos *lapilli* e bombas, que se acumulam em volta do centro emissor, depois de seguirem trajetórias balísticas (Fig. IV.35) e, ocasionalmente, por cinzas que se elevam em colunas eruptivas a poucas dezenas ou centenas de metros¹⁶.

¹⁵ - Segmento da conduta que se situa no interior de um cone vulcânico.

¹⁶ - Excepcionalmente podem ocorrer fases explosivas que originam colunas eruptivas superiores a 1 km de altura.

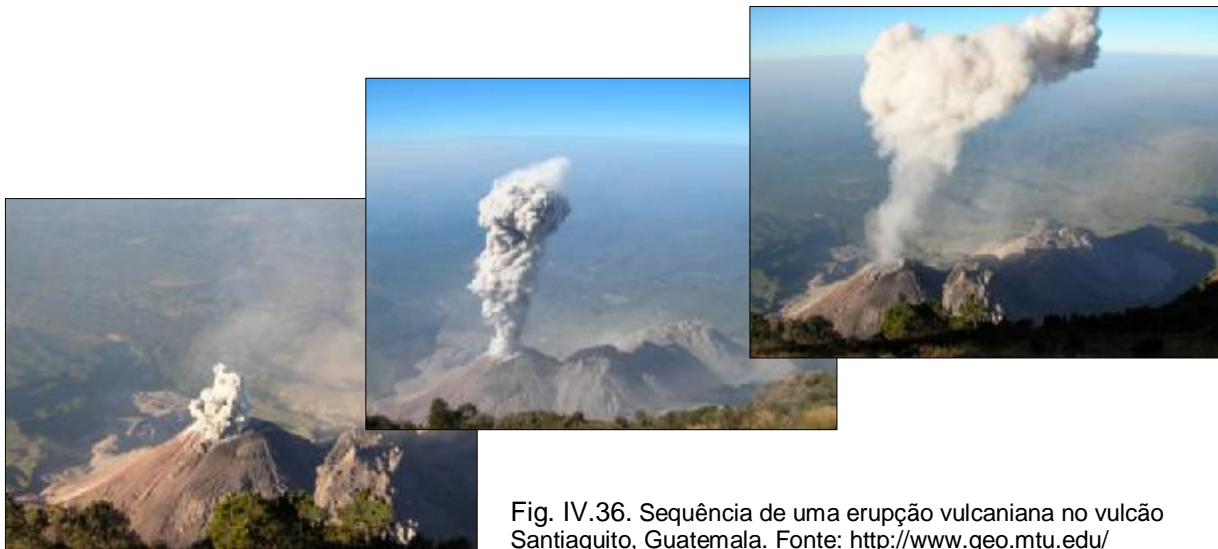


Fig. IV.36. Sequência de uma erupção vulcaniana no vulcão Santiaguito, Guatemala. Fonte: <http://www.geo.mtu.edu/>

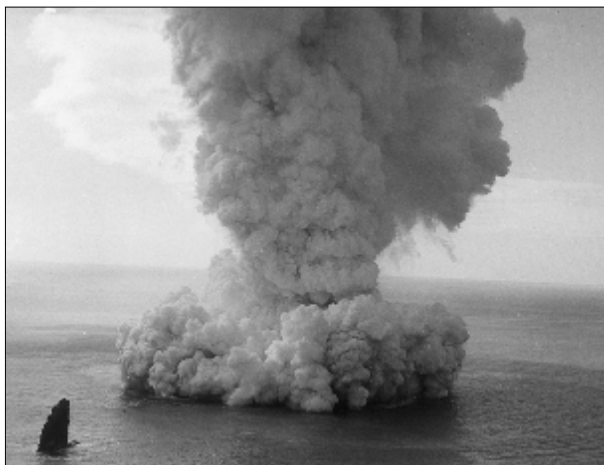


Fig. IV.37. Erupção surtseiana no vulcão dos Capelinhos. Na base da coluna eruptiva desenvolve-se um evento de fluxo piroclástico do tipo *base surge*, que se desloca energeticamente e rasante ao mar. Foto Jovial

Fig. IV.38. Erupção de estilo peleano, ilustrando três tipos de fenômenos capazes de gerar nuvens ardentes; A – pequena avalanche provocada por colapso parcial do domo; B - colapso do domo acompanhado de um evento explosivo; C – colapso total do domo e formação de uma grande avalanche. Adaptado de Rosi *et al.*, 2003.

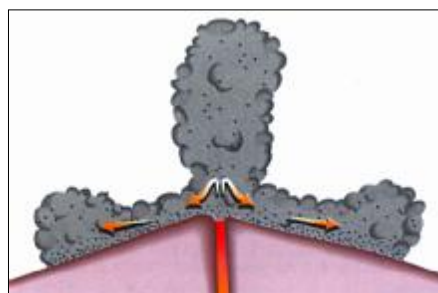
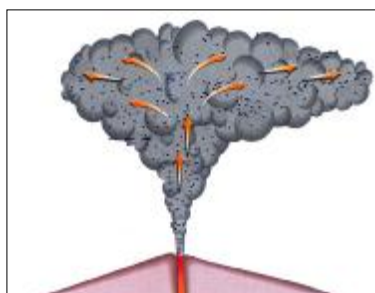
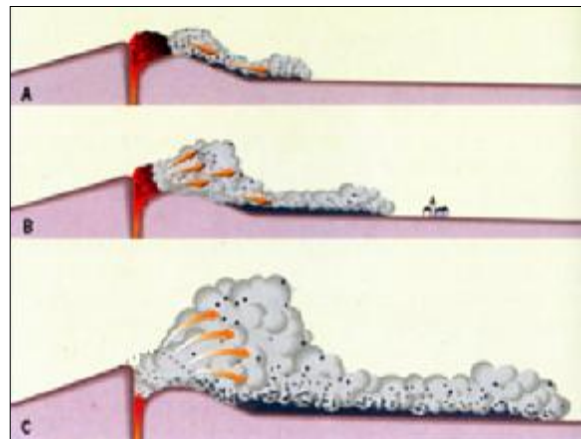


Fig. IV.39. Coluna eruptiva pliniana (esquerda) e o seu colapso, por falta de sustentação, originando escoadas piroclásticas (direita). Adaptado de Rosi *et al.*, 2003.

IV.8.3.3. Estilo vulcaniano

A actividade vulcaniana é caracterizada por um grau de explosividade elevado; envolve normalmente lavas evoluídas, de composição andesítica, com viscosidade elevada. Resultam fundamentalmente da expansão violenta de gases retidos no magma, embora nalguns casos possa haver interacção com água (hidromagmática). A origem destas explosões relaciona-se com a obstrução da conduta vulcânica por um “rolhão” de magma arrefecido e conseqüente concentração de bolhas de gases; o aumento de pressão nessa zona conduz ao rebentamento do bloqueio com elevada fragmentação de rocha que é projectada violentamente.

As erupções vulcanianas caracterizam-se por repetidas explosões vulcânicas de média a alta energia, de curta duração e separadas por intervalos de tempo grandes (minutos ou horas), com projecção de bombas e blocos segundo trajectórias balísticas e por densas colunas eruptivas de cinzas e gases que sobem, por convecção, até uma altitude de cerca de 20 km (Fig. IV.36). O volume de material extruído não supera, normalmente, um quilómetro cúbico.

A emissão de tefra¹⁷ dá origem a depósitos que se dispersam por extensas áreas e que variam na percentagem entre componentes juvenis (material piroclástico derivado directamente de um magma que alcança a superfície) e não juvenis ou líticos (materiais piroclásticos não directamente ligados ao magma em erupção e resultantes da fragmentação e limpeza das condutas). Muitas vezes as erupções vulcanianas são desencadeadas pelo crescimento de domos de lava andesítica que se acumula e solidifica na boca dos centros emissores.

IV.8.3.4. Estilo Surtseiano

O estilo surtseiano refere-se à actividade eruptiva hidromagmática que resulta da interacção do magma/lava com a água, isto é, da rápida expansão volumétrica de água (externa ao sistema) que foi aquecida pelo magma. Esta actividade pode ser subdivididas em dois tipos: quando há interacção do magma/lava com *água*

¹⁷ - Tefra - todos os piroclastos depositados por gravidade a partir de uma coluna eruptiva.

superficial do mar, lagos, rios, glaciares, reservatórios artificiais ou com a *água subterrânea* de aquíferos ou níveis freáticos. Esta última é designada de actividade freatomagmática.

A actividade surtseiana pode durar semanas ou meses, construindo edifícios do tipo cone de tufos ou anel de tufos em torno do centro eruptivo. Geralmente originam-se colunas eruptivas muito energéticas e turbulentas caracterizadas por jactos de cinzas (em forma de cauda de galo)¹⁸ acompanhados por nuvens de vapor de água. Os piroclastos podem ser dirigidos verticalmente ou lateralmente e, neste caso, podem dar origem a fluxos piroclásticos do tipo *base surge* (Fig. IV.37).

O contacto entre a água superficial ou subterrânea e um corpo rochoso sobreaquecido por condução pode provocar explosões freáticas sem contacto directo da água com líquidos magmáticos. Nestes casos, devido ao forte gradiente térmico, as rochas suprajacentes são fragmentadas e formam-se crateras de explosão, do tipo maar, os piroclastos são pois formados exclusivamente por fragmentos líticos sem qualquer componente juvenil.

IV.8.3.5. Estilo Peleano

As erupções que causam a formação de avalanches de material incandescente, também designadas por nuvens ardentes (*nuées ardentes*) resultantes do crescimento, colapso gravítico ou explosão (geralmente lateral) de domos lávicos, são designadas como erupções de estilo Peleano (Fig. IV.38). Estes domos resultam normalmente da extrusão de magmas de composição intermédia ou ácida (andesitos, dacitos, riolitos), viscosas e pobres em gases.

As nuvens ardentes são escoadas ou fluxos piroclásticos constituídas por blocos de rocha maciça e cinzas, cuja massa principal se desloca rente ao solo encoberta por uma nuvem carregada de cinzas que se eleva do corpo principal. Podem cobrir distâncias de dezenas de quilómetros a grande velocidade (60 a 100 m/s), encontrando-se a temperaturas elevadas uma vez que os materiais que as constituem encontram-se normalmente incandescentes (Madeira, 2005).

¹⁸ - Referidos na bibliografia anglo-saxónica como “*cock’s tail jets*”, ou “*cypressoidal jets*”.

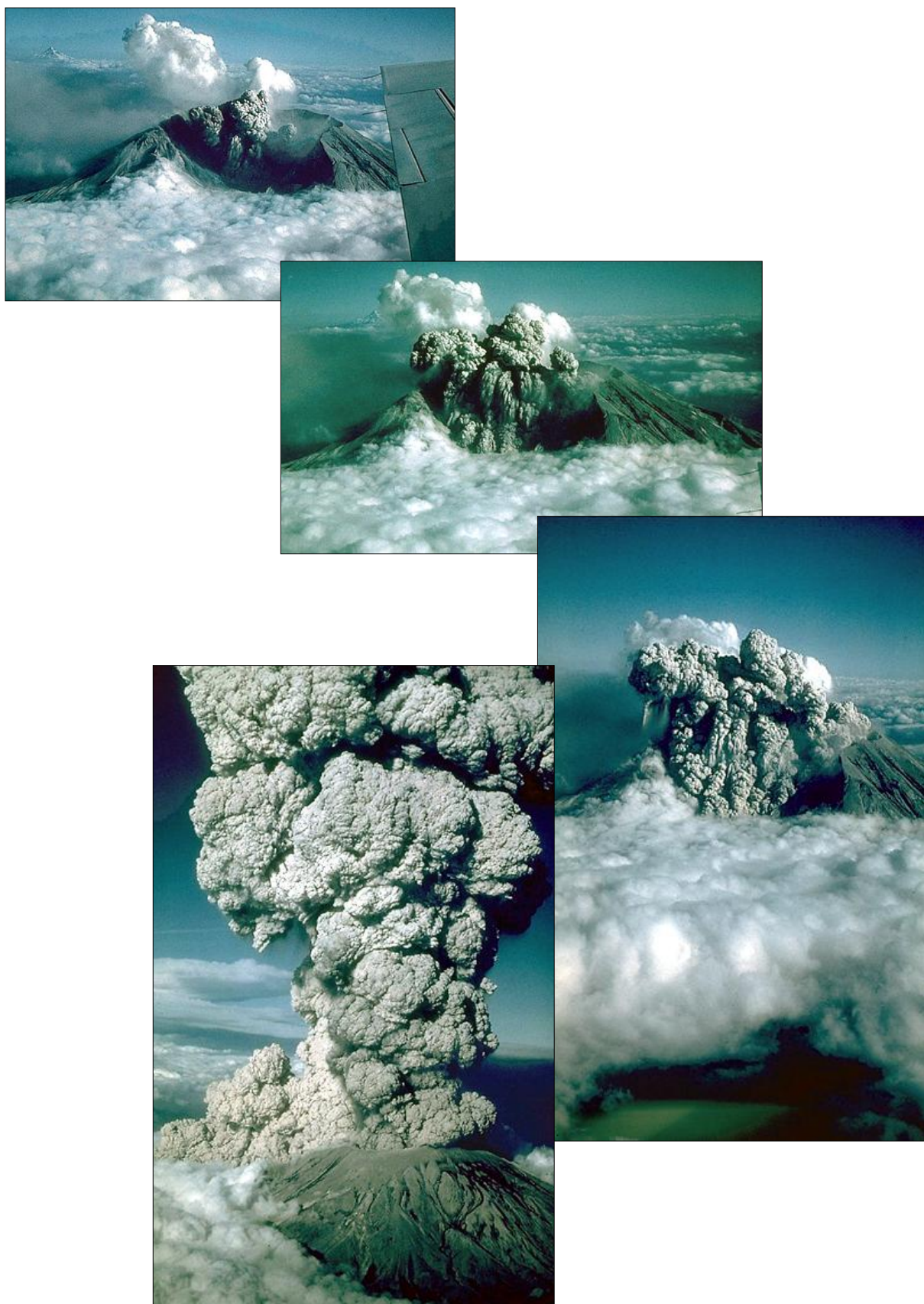


Fig. IV.40. Sequência de uma erupção pliniana. Maio 1980 Vulcão St. Helen. USA. (<http://volcanoes.usgs.gov>)

IV.8.3.6. Estilo Pliniano

A actividade eruptiva pliniana está normalmente associada a magmas ácidos, diferenciados em câmaras magmáticas ao longo de um largo período de tempo, e ricos em gases. Caracteriza-se pela emissão de grandes volumes de magma, assim como pelo alto grau de explosividade, consequência da elevada viscosidade do magma e conteúdo em voláteis, formando colunas eruptivas que se elevam até 55 km de altura.

As erupções plinianas resultam de um forte aumento da pressão no interior da câmara magmática e à sua subsequente destruição, com fracturação das rochas sobrejacentes e fragmentação do magma. Este fluxo, turbulento e contínuo, de magma fragmentado e gases ascende pela conduta em direcção à atmosfera arrastando consigo porções de rochas encaixantes e dá origem a um evento eruptivo de alta energia; desenvolve-se uma coluna eruptiva muito densa em piroclastos e gases a altas temperaturas, que se mantém estável durante um certo período dando origem a depósitos piroclásticos de queda, frequentemente de pedra pomes e cinzas. Por falta de sustentação a coluna eruptiva entra em colapso e, por acção da gravidade, abate-se sobre si própria produzindo escoadas piroclásticas densas e de alta temperatura que descem as vertentes do vulcão a velocidade elevada, dando origem a depósitos de fluxo piroclático do tipo ignimbrítico e/ou de *surge* (Fig. IV.39).

IV.8.4. O índice de explosividade vulcânica (VEI)

A necessidade de quantificar a magnitude das erupções levou à definição de uma classificação designada Índice de Explosividade Vulcânica ou VEI (*Volcanic Explosivity Index*) (Quadro III.1).

A classificação, desenvolvida por Newhall & Self (1982), traduz-se numa escala que varia entre os valores 0 e 8 e foi definida essencialmente por dois parâmetros: o volume de piroclastos emitidos e a altura da coluna, os quais permitem dividir/classificar as erupções pela sua dimensão e explosividade.

Quanto mais elevado o VEI de uma erupção, maior a sua magnitude e a sua perigosidade.

Quadro III.1. Índice de Explosividade Vulcânica (VEI - *Volcanic Explosivity Index*)

(adaptado de Newhall & Self, 1982 e retirado de Madeira, 2005)

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descrição Geral	Não explosiva	Pequena	Moderada	Moderadamente Grande	Grande	Muito Grande			
Volume de Piroclastos (m ³)	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹²	
Altura da Coluna Eruptiva (km)*	< 0.1	0.1 - 1	1 - 5	3 - 15	10 - 25	25			
Descrição Qualitativa	Suave, efusiva		Explosiva		cataclísmica, paroxismal, colossal				
Estilo Eruptivo	Estromboliana			Pliniana					
	Havaiana	Vulcaniana		Ultra Pliniana					
Total de Erupções Históricas	487	623	3176	733	119	19	5	2	0
Total de Erupções entre 1975 e 1985	70	124	125	49	7	1	0	0	0

* para VEI 0-2: altura acima da cratera; para VEI >2: altura acima do nível do mar

O estilo eruptivo que caracteriza uma erupção condiciona a maior ou menor perigosidade associada, devendo ter-se em linha de conta a possibilidade de que, no decurso de uma mesma erupção vulcânica, esta possa apresentar diferentes estilos eruptivos, logo diferentes índices de explosividade.

IV.9. MATERIAIS VULCÂNICOS

IV.9.1. Introdução

O estudo das rochas vulcânicas fornece preciosas informações acerca dos mecanismos de transporte e deposição das mesmas e portanto acerca do tipo de actividade eruptiva num dado vulcão. Nesta abordagem há que ter em conta, não só os dados sobre a sua composição, mas também conhecer e compreender as relações geométricas e a estrutura interna evidenciada pelos empilhamentos de materiais vulcânicos (Martí *et al.*, 2001).

Como já foi referido anteriormente, os materiais vulcânicos são todos os produtos sólidos, líquidos e gasosos extruídos durante uma erupção. Entre estes materiais há que distinguir os que se *volatilizam* (gases que se separam do magma e dispersam na atmosfera) e os que se *depositam* adquirindo, depois de consolidados, dois tipos principais de estrutura interna: maciça ou fragmentada.

IV.9.2. Os materiais vulcânicos efusivos

IV.9.2.1. Escoadas lávicas

Os materiais vulcânicos efusivos mais comuns são fluxos de lava, vulgarmente designados por “mantos”, “derrames” ou “escoadas lávicas”. Por arrefecimento, originam rochas de litologia, estrutura interna e morfologia distintas, mediante a variação dos seguintes factores:

- composição e viscosidade do líquido magmático;
- taxa de efusão no centro eruptivo;
- variações de temperatura durante a sua deposição;
- características do terreno por onde a lava se desloca, isto é, o seu declive, existência de obstáculos ou barreiras, teor de humidade, entre outras;
- modo de escoamento: em área, ao longo de um canal confinado ou através de um tubo de lava.

Assim, tendo em conta a sua composição, as escoadas podem classificar-se em básicas (basálticas) ou ácidas (andesíticas, riolíticas).

As escoadas basálticas, emitidas a altas temperaturas, possuem um elevado grau de fluidez e podem estender-se a muitos quilómetros de distância¹⁹ do centro eruptivo.

¹⁹ - As frentes destas escoadas podem avançar a velocidades da ordem dos 10 km/h nas encostas íngremes, porém, a taxa de avanço é, normalmente, inferior a 1 km/h nas encostas mais suaves. Quando uma escoada basáltica se encontra confinada a um canal lávico, ou tubo de lava, numa encosta com declive acentuado, pode atingir velocidades superiores a 30 km/h.

As escoadas andesíticas e riolíticas, mais viscosas, formam frequentemente derrames muito espessos e pouco extensos, que avançam a velocidades de alguns metros por hora ou, ainda, formar *domos* sobre a conduta eruptiva.

IV.9.2.2. Estrutura interna das lavas

Ao arrefecerem, as lavas sofrem uma forte contracção, uma vez que o volume que ocupam quando solidificadas é menor do que quando se encontram no estado líquido. Este efeito de arrefecimento irá determinar uma reorganização da sua estrutura interna, originando sistemas de fracturas que se formam nas zonas de retracção, denominadas disjunções. Existem dois tipos de disjunções: prismática e em lajes.

A *disjunção prismática*, ou *colunar*, origina-se quando praticamente cessou o fluxo e a lava está quase em repouso. A diferença de temperatura entre o centro (mais quente) e o topo e base da escoada (já arrefecidas) permite a geração de células de convecção no seu interior. Estas células são dispostas perpendicularmente à base da escoada e originam uma estrutura de retracção interna que individualiza prismas colunares, normalmente hexagonais ou pentagonais (Fig. IV.41). Como se sabe, estas formas geométricas são as que correspondem ao melhor arranjo espacial e as que apresentam a melhor relação perímetro/área em termos de ocupação do espaço²⁰.

A *disjunção em lajes* é originada quando o fluxo de lava sofre variação de velocidade, por exemplo, como resultado de um aumento da taxa de efusão no centro emissor. Durante o processo de arrefecimento geram-se planos de retracção paralelos à direcção de avanço da escoada, ao longo dos quais as bolhas de gás se concentraram, originando vesículas de forma elíptica com o eixo maior orientado segundo a direcção de fluxo. Esta disjunção é mais notória no centro da escoada (Fig. IV.42).

²⁰ - Veja-se, por exemplo, a forma dos favos gerados pelas abelhas em colmeias.



Fig. IV.41. Disjunção prismática ou colunar. Faial, ilha da Madeira.



Fig. IV.42. Disjunção em lajes na Ribeira de S. Jorge, ilha da Madeira.



Fig. IV.43. Disjunção esferoidal, Paul da Serra, ilha da Madeira



Fig. IV.44. Disjunção esferoidal. Ponta de São Lourenço, ilha da Madeira

A *disjunção esferoidal* não é uma estrutura de retracção. Com efeito, trata-se de uma “descamação em bolas” que resulta de processos de meteorização que actuam sobre a rocha vulcânica. Na origem deste fenómeno está a presença de uma trama composta por descontinuidades planares (disjunções de retracção ou diaclases) pré-existentes, que constituem zonas preferenciais de circulação da água e humidade, consequentemente, de alteração da rocha. Com os processos de meteorização a actuarem ao longo desta trama, a rocha adquire uma forma aproximadamente esférica (em bolas), com a parte exterior mais alterada e um núcleo relativamente são (Fig. IV.43; Fig. IV.44).

IV.9.2.3. Morfologia das escoadas lávicas

As lavas, conforme a sua composição e o tipo de arrefecimento (lento ou rápido) a que foram submetidas, podem apresentar à superfície aspectos morfológicos muito variados. Assim sendo, surgem:

- 1) lavas encordoadas ou “pahoehoe” (designação havaiana) - caracterizam-se nuns casos por superfícies de aspecto liso ou ligeiramente ondulado, noutros casos apresentam uma superfície com rugas, pregas e dobras retorcidas; durante a consolidação surge inicialmente uma fina crosta superficial ainda dúctil, debaixo da qual a lava continua a fluir enrugando-a e dando-lhe a forma final de um encordoamento. São típicas de erupções efusivas (Fig. IV.45);
- 2) lavas escoriáceas ou “aa” (designação havaiana) - caracterizam-se por apresentarem uma superfície rugosa e escoriácea, com saliências pontiagudas; têm origem em lavas menos fluidas, com elevada percentagem de gases, que solidificam rapidamente. O seu interior pode ser maciço mas formam-se frequentemente brechas na base e no topo da escoada (Fig. IV.46);

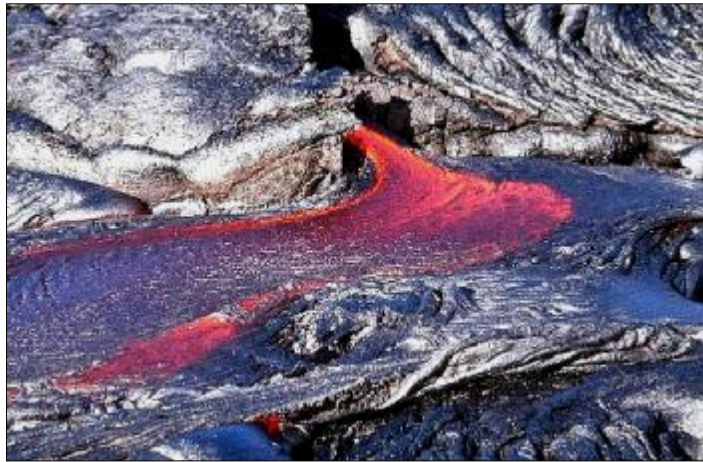


Fig. IV.45. Derrames lávicos basálticos do tipo *pahoehoe*: superfícies de aspecto liso ou ligeiramente ondulado (foto à esquerda); superfícies encordoadas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.



Fig. IV.46. Escoadas basálticas do tipo aa, sobre derrames pahoehoe. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.

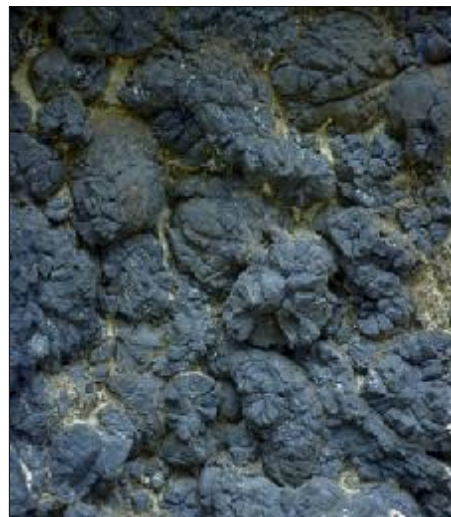


Fig. IV.47. Lavas em almofada (pillow lavas), formadas em erupções submarinas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.

- 3) lavas em almofada ou “pillow-lavas” - caracterizam-se pelo seu aspecto tubular ou em rolos; são típicas dos derrames submarinos (Fig. IV.47).

Um mesmo derrame lávico pode ser constituído por escoadas do tipo *aa*, que passam em continuidade a escoadas do tipo *pahoehoe*.

Por vezes as escoadas correm sobre solos de alteração argilosa e, devido à sua temperatura elevada, provocam o seu cozimento; este aspecto identifica-se facilmente por originar níveis de cor avermelhada. Uma vez que os solos se desenvolveram durante períodos de inactividade eruptiva, um dado nível de cozimento marca o início de uma nova erupção.

IV.9.3. Materiais vulcânicos explosivos

IV.9.3.1. Piroclastos

Durante uma erupção de características explosivas individualizam-se porções de lava fragmentada que são expulsas para o exterior de forma mais ou menos violenta (Fig. IV.48); em alguns casos, fragmentos de materiais das paredes das condutas, ou da própria chaminé, também podem ser arrancados e projectados para o exterior, conjuntamente com a lava.

Consideram-se *piroclastos* os fragmentos de lava, ou de rocha preexistente, independentemente da sua dimensão, que são projectados para o ar por explosões ou arrastados por gases sobreaquecidos no interior de colunas eruptivas ou repuxos de lava.

Assim, os piroclastos podem englobar:

- partículas juvenis – são fragmentos de lava recém-chegada à superfície;
- cristais – formados na câmara magmática e expelidos conjuntamente com a lava;
- elementos líticos – fragmentos de rochas preexistentes, de qualquer natureza.

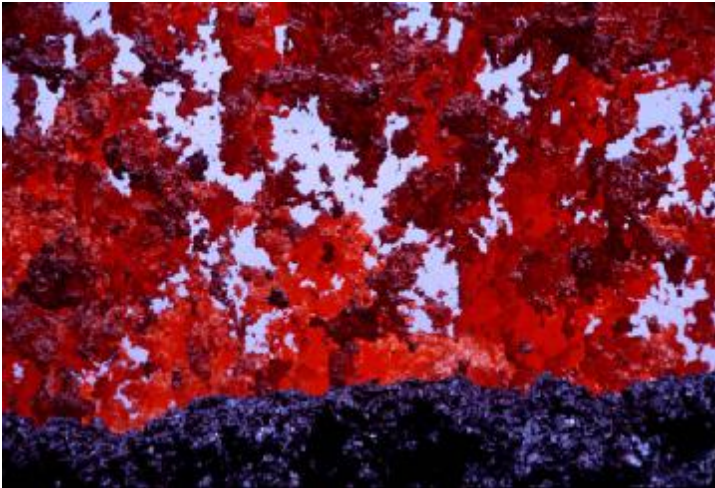


Fig. IV.48. Fragmentação da lava. Fonte: <http://www.solarviews.com/>



Fig. IV.49. Cinzas vulcânicas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>

Fig. IV.50. Lapilli. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov>

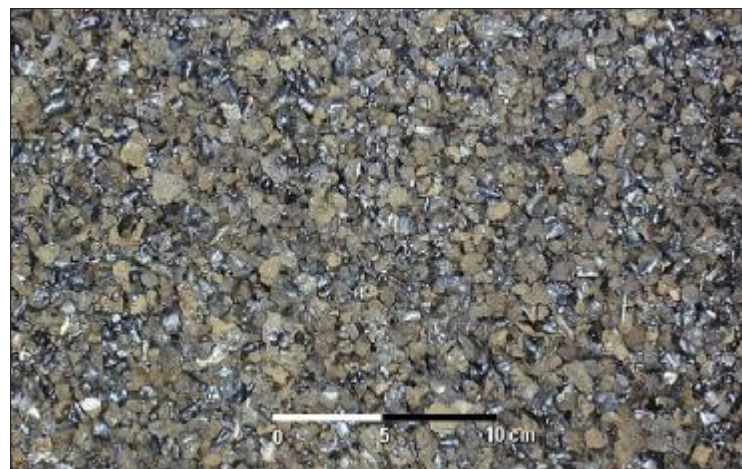


Fig. IV.51. Bombas vulcânicas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov>



De acordo com a sua dimensão, as partículas piroclásticas tomam as seguintes designações: cinzas (Fig. IV.49), *lapilli* (Fig. IV.50), blocos (fragmentos angulosos) e bombas (fragmentos de lava moldada) (Fig. IV.51) (Quadro III.2).

Quadro III.2. Classificação das partículas piroclásticas quanto à dimensão

DESIGNAÇÃO	DIMENSÃO	DEPÓSITOS CONSOLIDADOS
Cinzas	< 2 mm	Tufo
<i>Lapilli</i>	2 a 64 mm	tufo de <i>lapilli</i>
Bombas e blocos	> 64 mm	aglomerados e brechas

Existem três tipos de depósitos piroclásticos, associados a mecanismos de formação, transporte e deposição distintos: de queda, de fluxo e de “surge”.

IV.9.3.2. Piroclastos de queda

Os depósitos piroclásticos de queda formam-se quando os fragmentos caem livremente e na vertical depois de fazerem parte de uma coluna eruptiva ou depois de descreverem trajetórias balísticas a partir da projecção de uma boca eruptiva. Cobrem a superfície topográfica com uma espessura uniforme (Fig. IV.52), são bem calibrados e não têm matriz de cinzas; os clastos estão apoiados em clastos, sendo que a sua dimensão diminui à medida que aumenta a distância ao centro eruptivo. As cinzas são transportadas pela coluna eruptiva e pelo vento podendo dispersar-se por vastas áreas. Subdividem-se em depósitos de queda estrombolianos, plinianos e hidromagmáticos;

IV.9.3.3. Escoadas piroclásticas

Os depósitos de escoadas ou fluxos piroclásticos são formados a partir de avalanchas incandescentes formadas por uma mistura densa e quente (200° a 700°C) de gases e fragmentos de rocha que se deslocam rente ao solo com fluxos laminares e a altas velocidades (> 80km/h).

Tratando-se de fluxos densos, preenchem zonas deprimidas tais como vales e barrancos, sendo controlados pela gravidade.

As escoadas piroclásticas podem resultar do colapso de:

- colunas eruptivas plinianas que perdem sustentação;
- colapso de domas em crescimento;
- colapso de escoadas ácidas, em encostas íngremes;

Os depósitos possuem matriz de cinzas e, normalmente, não têm uma estratificação clara e uma organização interna definida.

Nas escoadas piroclásticas podem-se diferenciar duas partes: uma que corresponde ao fluxo basal de fragmentos mais grosseiros que se desloca junto ao solo (Fig. IV.53 - 2) e outra que corresponde a uma nuvem turbulenta de cinzas que se eleva desse corpo basal (Fig. IV.53 – 3a). Do corpo principal da escoada eleva-se uma nuvem de poeiras vulcânicas e gases a partir da qual ocorre a queda de partículas finas (Fig. IV.53 – 3b). Podem-se distinguir três tipos diferentes de depósitos constituídos por uma mistura densa de materiais clásticos grosseiros e cinzas: *ignimbritos* ou fluxos de pedra-pomes e cinza (*pumice and ash flows*); *nuvens ardentes* ou fluxos de blocos e cinzas (*bloc and ash flows*); fluxos de “surge”, turbulentos de cinzas mais diluídos que os anteriores.

IV.9.3.4. Depósitos de “surge”

São depósitos que têm origem em fluxos gasosos turbulentos que se deslocam a velocidades supersônicas transportando fragmentos geralmente pouco grosseiros que cobrem a superfície topográfica com uma espessura variável.

A sua formação pode estar associada:

- Colapso da parte externa de colunas eruptivas, a qual está muito mais diluída e arrefecida do que a parte central;
- Explosões anelares rasantes que se produzem directamente das bocas eruptivas e que se deslocam radialmente.

Uma vez que se tratam de fluxos muito energéticos podem subir vertentes e gerar depósitos bem calibrados, com matriz de cinzas e estratificações oblíquas.

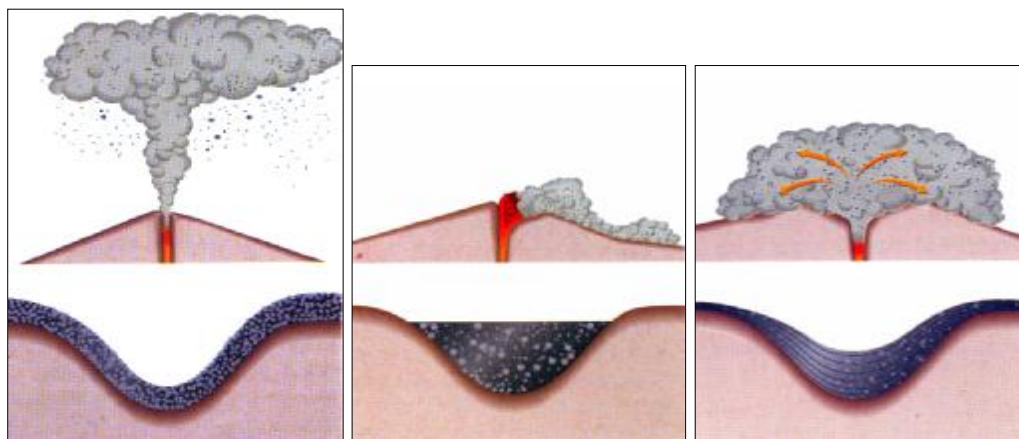


Fig. IV.52. Mecanismos de deposição de piroclastos: depósitos de queda; cobrem a superfície topográfica com espessura uniforme (esq.); depósitos de escoada piroclástica; preenchem zonas deprimidas (centro); depósitos de fluxo do tipo surge; cobrem a topografia com espessura variável (dir.). Adaptado de Rosi *et al.*, 2003.

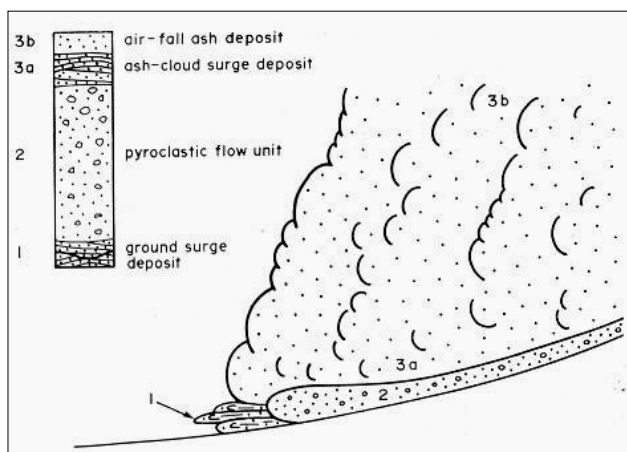


Fig. IV.53. Esquema de uma escoada piroclástica e a coluna estratigráfica idealizada dos depósitos correlativos. Legenda: 1- depósitos de base surge; 2- corpo basal de fluxo piroclástico; 3a- depósitos de surge da coluna eruptiva; 3b- depósitos de queda do corpo principal.



Fig. IV.54. Escoadas piroclásticas descendo os flancos do vulcão Mayon, Filipinas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>

IV.10. MORFOLOGIA E ESTRUTURA DOS VULCÕES

IV.10.1. Introdução

A acumulação de produtos vulcânicos emitidos por centros emissores dá lugar à formação de um, ou mais, edifícios vulcânicos que apresentam geralmente uma forma cónica e dimensões muito variáveis.

A morfologia de construções vulcânicas está estreitamente relacionada com o tipo de actividade eruptiva, desenvolvida ao longo dos vários episódios que ocorreram na história evolutiva do vulcão.

Assim, segundo a sua origem, os vulcões podem classificar-se em: monogenéticos e poligenéticos.

IV.10.2. Vulcões monogenéticos

Os vulcões monogenéticos são edifícios que se formaram no decurso de uma única erupção (ver Cap. IV.8.1).

Se durante a erupção não houve interacção de magma com água externa (mar, rios, lagos, etc.), então, os cones monogenéticos podem ser de dois tipos:

- *cones de piroclastos*, também denominados *cones de escórias* (*cinder cones* ou *tephra cones*); são formados por piroclastos de projecção, parcialmente arrefecidos durante a sua queda (Fig. IV.55).
- *cones de escórias soldadas* (*spatter cones*); formados através da acumulação de fragmentos de lava ainda muito quente, permitindo a sua aglutinação por soldadura; são depositados próximo da boca emissora (Fig. IV.56).

Se durante a erupção houve interacção de magma com água externa, os cones monogenéticos podem ser de três tipos:

- Cone de tufos, também denominado cone submarino (Fig. IV.57);
- Anel de tufos;
- Maar;



Fig. IV.55. Cone de piroclastos do Pico da Ponta da Cruz, Funchal, (esq.) e um bloco-diagrama da estrutura e morfologia de um cone deste tipo (dir.).



Fig. IV.56. Pequeno cone de escórias soldadas. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>



Fig. IV.57. Vulcão dos Capelinhos, Faial, Açores. Em primeiro plano o cone de tufos associado à 1ª fase eruptiva de estilo surtseiano; em segundo plano o cone de escórias edificado durante à 2ª fase de características subaéreas. No canto superior direito, bloco-diagrama da estrutura e morfologia de um cone de tufos.



Fig. IV.58. Simulação de uma explosão hidromagnética. Pingos de água em contacto com óleo quente provocam uma vaporização explosiva (esq.); um grande volume de água provoca uma interação menos explosiva, explicando a baixa explosividade de uma erupção submarina (adaptado de Martí et al, 2001)

Na construção de um vulcão monogenético pode ocorrer uma sucessão de fases eruptivas com características e estilos diferentes, criando uma estrutura vulcânica complexa, na qual se podem sobrepor alguns dos edifícios acima mencionados; tal é o caso, por exemplo, do Vulcão dos Capelinhos, ilha do Faial, Açores (Fig. IV.57).

IV.10.3. Cones de piroclastos ou cones de escórias

Os cones de piroclastos, ou cones de escórias, são formados pela erupção subaérea de magmas pouco viscosos, geralmente de composição basáltica. Resultam da actividade estromboliana e havaiana, sendo constituídos principalmente pela acumulação de piroclastos de queda (fragmentos de lava, de diferentes granulometrias, projectados no ar por explosões provocadas pela rápida libertação de voláteis, depositados segundo um mecanismo controlado pela gravidade).

Tratam-se geralmente de construções de forma cónica com uma cratera fechada no seu topo, em forma de taça, preenchida por detritos ou depósitos mais recentes. São também frequentes as formas em “ferradura”, com arco de cratera. Finalmente, encontram-se morfologias alongadas com várias crateras associadas a bocas eruptivas e evidenciando uma relação genética com fissuras eruptivas.

Os depósitos são constituídos essencialmente por escórias de *lapilli* e bombas; as cinzas são pouco abundantes.

O Cone de Piroclastos da N^a.S^a. da Piedade (Ponta de S. Lourenço - Madeira), objecto de estudo do presente trabalho, é um excelente exemplo de um aparelho vulcânico deste tipo.

IV.10.4. Cones de tufos, anéis de tufos e maars

Os cones de tufos formam-se a partir de actividade hidromagmática em que a água interage com o magma (Fig. IV.58), seja como resultado de erupções

submarinas (do tipo Surtseiano), seja na sequência de erupções em águas pouco profundas ou envolvendo águas superficiais (rio, lago, etc.), as quais entram na conduta vulcânica através do centro emissor. Os materiais que os formam são depósitos piroclásticos, essencialmente compostos por elementos juvenis e alguns líticos, consolidados por uma matriz fina. Estão associados a fases dominadas por mecanismos de queda, assim como, a fluxos piroclásticos do tipo escoada ou *surge*. Possuem crateras que se situam numa posição elevada relativamente ao solo; os níveis piroclásticos inclinam tanto para o interior da cratera como para o seu exterior, neste caso com inclinações superiores a 25°.

Os anéis de tufos edificam-se como consequência de actividade freatomagmática quando há interacção do magma/lava com a *água subterrânea* de aquíferos ou níveis freáticos. Apresentam uma morfologia que se caracteriza por um cone baixo (altura geralmente inferior a 50 m) e achatado, composto por uma cratera baixa e larga, sendo os flancos externos pouco inclinados (pendor inferior a 25°). Os depósitos piroclásticos são consolidados, de elementos juvenis e líticos, associados a fases dominadas por mecanismos de queda, assim como, de fluxos piroclásticos densos e turbulentos (*surge*).



Fig. IV.59. Maars de Ukinrek, Alaska;. Fonte: <http://volcanoes.usgs.gov/>.

Os maars são formados em erupções freáticas ou freatomagmáticas e apresentam características morfológicas muito semelhantes aos anéis de tufos, mas as crateras situam-se numa posição embutida relativamente ao nível da superfície topográfica pré-erupção (Fig. IV.59). Os depósitos de projecção, bem estratificados, são consolidados por uma matriz de lamas, essencialmente formados por elementos líticos, sendo os elementos juvenis relativamente raros. Estão associados a fases dominadas por fluxos piroclásticos do tipo *base surge* e a mecanismos de queda.

IV.10.5. Vulcões poligenéticos

Os vulcões poligenéticos são edifícios que se formaram a partir de várias erupções.

As câmaras magmáticas que alimentam estes vulcões estão situadas a profundidades intermédias ou superficiais, num nível de fluabilidade/densidade neutra, onde os magmas podem evoluir, pelo que são os processos que ocorrem no interior do reservatório magmático, tais como mecanismos de exsolução de gases, que controlam a sua ascensão para a superfície (Sigurdsson, 2000). Evidenciam, também, persistência nas condições termodinâmicas de ascensão que permitem, sucessivamente, a reutilização do mesmo conjunto de condutas.

Os edifícios vulcânicos poligenéticos mais característicos são os estratovulcões e os vulcões escudo.

IV.10.6. Estratovulcões

Os estratovulcões, também denominados vulcões compostos, apresentam uma estrutura e forma cónica e resultam da sobreposição de níveis de piroclastos e derrames lávicos, extruídos de uma cratera central. Um exemplo de estratovulcão é o Etna na Sicília, Itália, ou o Teide, em Tenerife, Canárias (Fig. IV.60).

Os edifícios são de grandes dimensões e podem ter flancos com inclinações que variam da base para o topo, onde chegam a ser superiores a 40°. Nos seus flancos podem existir numerosos cones monogenéticos, adventícios, resultantes de erupções laterais secundárias.

Devido à sua estrutura e às fortes inclinações do sector superior, os estratovulcões podem sofrer colapsos laterais dos flancos, originando deslizamentos catastróficos. Estes eventos geram uma morfologia em ferradura, aberta para o sector colapsado e um grande volume de detritos; quando ocorrem em ilhas ou regiões litorais estes deslizamentos dão origem a avalanches de detritos que, ao entrarem subitamente no mar, originam tsunamis.



Fig. IV.60. Um exemplo de Estratovulcão: o Teide, na ilha de Tenerife, Canárias.



Fig. IV.61. Um exemplo de Vulcão Escudo: a ilha da Madeira. Vista da Ponta de S. Lourenço.



Fig. IV.62. A caldeira de colapso da ilha do Faial, Açores.

IV.10.7. Vulcões escudo

Os vulcões escudo resultam de uma actividade eruptiva essencialmente efusiva e basáltica. Exemplos clássicos são os vulcões escudo de Mauna Loa e Kilauea, no Havai, assim como, a ilha da Madeira (Fig. IV.61).

Os edifícios apresentam uma morfologia baixa e larga que, como o nome indica, faz lembrar um escudo. As suas vertentes têm declives fracos, geralmente inferiores a 10°. Na base podem apresentar diâmetros que atingem a centena de quilómetros.

A sua construção é consequência de diversas erupções efusivas, sendo formados pela sobreposição de escoadas basálticas extensas e pouco espessas, por vezes intercaladas de níveis de piroclastos de queda. Evidenciam uma associação a zonas de rifte com alimentação fissural, formando uma intensa e complexa rede filoneana.

A ilha da Madeira é um grande vulcão escudo que se eleva do fundo oceânico e é fortemente dissecado pela erosão fluvial.

IV.10.8. Caldeiras de colapso

Caldeiras são grandes depressões vulcânicas, de forma geralmente circular, com diâmetros muito superiores aos das bocas eruptivas nela incluídas (Sigurdsson, 2000).

A sua formação dá-se como consequência do colapso de um sector do tecto da câmara magmática, em profundidade. Este processo pode decorrer nas seguintes etapas:

- A primeira etapa (a) consiste na ocorrência de um período de intensa actividade vulcânica que produz um rápido esvaziamento da câmara magmática situada por debaixo do vulcão;
- Na segunda etapa (b), devido ao espaço vazio entretanto criado na câmara magmática pela etapa (a), gera-se forte instabilidade gravítica

no tecto da câmara magmática e produz-se o seu colapso, afundando-se no magma remanescente.

- Na terceira etapa (c), forma-se a grande depressão de forma circular (caldeira de colapso) e ocorre a reactivação do dinamismo vulcânico manifestada por fases de intensa actividade explosiva; as paredes internas que delimitam a caldeira são verticais e cortam depósitos ignimbríticos ou brechas vulcânicas expelidos durante a etapa (b).

Um exemplo de caldeira de colapso, em território português, é a Caldeira na ilha do Faial, Açores (Fig. IV.62). No arquipélago da Madeira não existe nenhuma estrutura, conhecida, deste tipo.

CAPÍTULO V.
O CONE DE PIROCLASTOS
DA SENHORA DA PIEDADE

V. CONE DE PIROCLASTOS DA SR.^a DA PIEDADE

V.1. INTRODUÇÃO

Os *Geomonumentos* importam “valores culturais a incluir numa concepção de cultura alargada ao saber científico” (Galopim de Carvalho, 1999). Com efeito, estes locais de especial interesse geológico, também designados por *Geossítios* (ver Cap. II.1.4) representam testemunhos da história da Terra com relevante interesse, tanto a nível científico como pedagógico, estético, cultural, turístico e até social. A sua integridade deve, portanto, ser protegida e é imperativo proceder à sua inventariação e caracterização no âmbito de uma legislação de Património Natural que inclua a Geodiversidade.

Na Região Autónoma da Madeira a importância dada à geoconservação foi recentemente reconhecida através da publicação do Decreto Legislativo Regional n.º 24/2004/M de 20 de Agosto, que visa, entre outros, estabelecer objectivos para a conservação e preservação do seu Património Geológico (ver Cap. II.2.3).

O presente trabalho tem como principal objectivo divulgar um geossítio situado na Ilha da Madeira, designado por “Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade” de modo que este local seja considerado na estratégia de inventariação e classificação do Património Geológico desta Região. Os aspectos que o tornam interessante e justificam a sua proposta de classificação são simultaneamente vulcanológicos e geomorfológicos: neste local, os processos de erosão costeira associados à evolução e recuo da arriba litoral actual cortaram, aproximadamente pela metade, um cone de piroclastos basálticos, de morfologia de construção ainda bem conservada, revelando de modo excepcional as condutas alimentadoras, produtos vulcânicos, bem como numerosos aspectos da sua estrutura interna que permitem interpretar as etapas da sua edificação (Fig. V.1; Fig. V.2) (Brum da Silveira *et al.*, 2006).

Outro objectivo desta dissertação, não menos importante que o anterior, é alertar para a necessidade de protecção do geossítio uma vez que está planeada a construção de uma urbanização (Resort Hotel), relacionada com a expansão da Marina da Quinta do Lorde, sobre os flancos deste edifício vulcânico (Fig. V.3).



Fig. V.1. Aspecto geral do Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade, com um filão alimentador, visto do lado do mar.

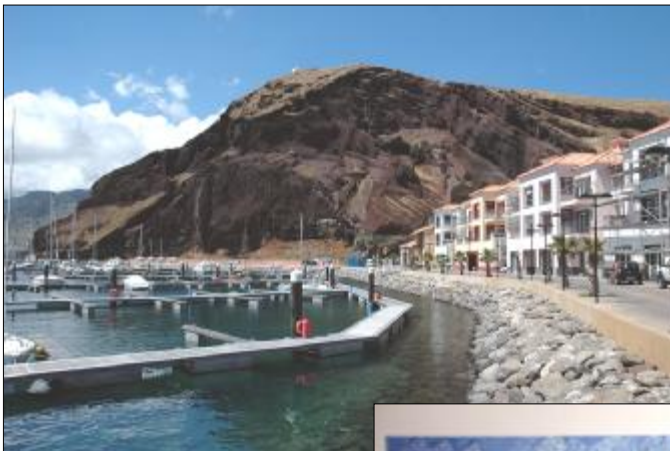
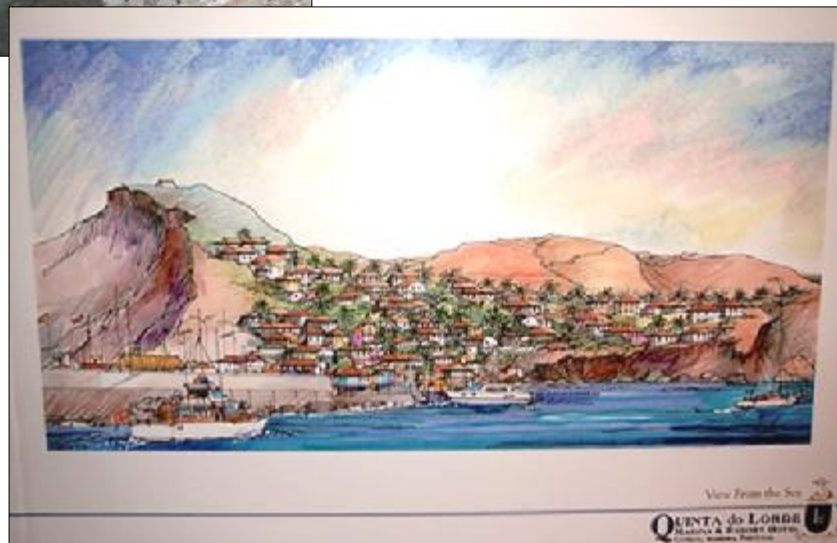


Fig. V.2. Vista geral da Marina da Quinta do Lorde e da *Promenade*, com o cone de piroclastos da Sr.ª da Piedade ao fundo.

Fig. V.3. Painel que ilustra a futura urbanização "Quinta do Lorde Marina e Resort Hotel", projectada sobre os flancos do cone de piroclastos da Senhora da Piedade.



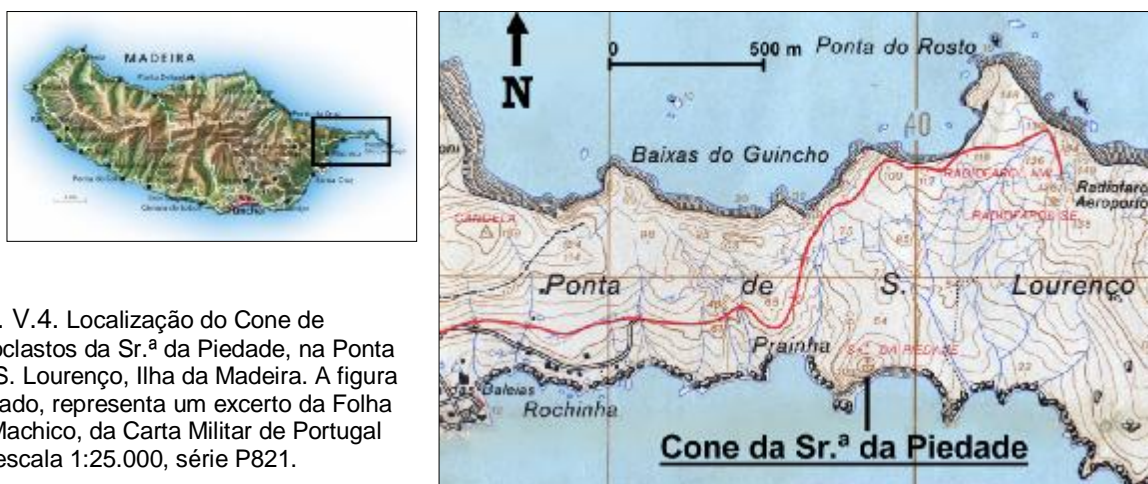


Fig. V.4. Localização do Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade, na Ponta de S. Lourenço, Ilha da Madeira. A figura ao lado, representa um excerto da Folha 7, Machico, da Carta Militar de Portugal na escala 1:25.000, série P821.



Fig. V.5. Vista aérea do geossítio “Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade” na Ponta de S. Lourenço, extremo oriental da Ilha da Madeira.



Fig. V.6. Acessos rodoviários ao geossítio. Na estrada regional ER 109, sentido Caniçal-Ponta de S. Lourenço, toma-se o caminho asfaltado para a Marina da Quinta do Lorde. Depois segue-se a pé pela *promenade* ao longo da marina.

V.2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ACESSOS

O geossítio “Cone de Piroclastos da N.^a Sr.^a da Piedade” situa-se perto do extremo oriental da Ilha da Madeira, cerca de 2.5 km a leste da vila do Caniçal, na região de Ponta de S. Lourenço (Fig. V.4; Fig. V.5).

As coordenadas geográficas do geossítio, relativas ao *Datum* WGS 84 e Meridiano Internacional, são:

- Latitude - N 32° 44' 32.1”;
- Longitude - W 016° 42' 44.4”

O acesso ao geossítio é fácil, através da estrada regional ER 109, sentido Machico - Caniçal. Ainda nesta estrada, entre o Caniçal e a Ponta de S. Lourenço, toma-se o caminho asfaltado que dá acesso à Marina da Quinta do Lorde (Fig. V.6).

Uma vez na Marina, a observação do cone de escórias é feita através de um corte com excelente exposição, ao longo de um percurso a pé com cerca de 200 m que constitui o “Passeio Marítimo” ou “*Promenade*” (Fig. V.2).

A subida a pé, ao longo de um pequeno trilho, até à Capela da N. Sr.^a da Piedade, erigida no topo do cone e a cerca de 109 m de altitude, permite integrar o geossítio na paisagem envolvente e visualizar o seu contexto geológico e geomorfológico. A visita à Capela é também de grande interesse cultural/religioso tal como se explica adiante (Cap. V.6).

V.3. ENQUADRAMENTO GEOTECTÓNICO DA MADEIRA

A Ilha da Madeira corresponde à parte emersa de um grande edifício vulcânico do tipo escudo (Fig. V.7) (Cap. IV.10.7), situado num enquadramento geotectónico intraplaca, em domínio oceânico (Cap. IV.7). O vulcanismo, inicialmente submarino e depois subaéreo, é do tipo fissural (Fig. V.8), sendo constituído essencialmente por rochas de composição basáltica. Desenvolveu-se segundo um eixo principal de direcção aproximada W-E, associado à abertura de um “rift” relacionado com um *hotspot* intraplaca, em crosta oceânica. Assim se justifica o facto da ilha da Madeira ser alongada segundo um eixo maior de direcção W-E.

A análise batimétrica do fundo oceânico da área circundante ao Arquipélago da Madeira revela que as suas ilhas se encontram alinhadas com os Bancos submarinos de Seine, Ampère e Ormond, assim como com a Serra de Monchique situada já no território continental (Fig. V.9). Este alinhamento, referido anteriormente por J. Mata (1996) e Geldemacher *et al.* (2000), tem um significado algo polémico e ainda está por esclarecer.

Assim, de acordo com datações $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, Geldemacher *et al.* (2000) consideram que a ilha da Madeira representa a posição actual de um *hotspot* com mais de 70 Ma, cuja posição se terá mantido fixa enquanto ocorria a migração da placa africana para NE. Deste modo, o “rasto” do *hotspot* explicaria, assim, a génese (magmática) da Serra de Monchique (72 Ma) e a origem vulcânica dos Bancos Corral Patch e Ormond (65-67 Ma), dos Bancos submarinos de Seine e Ampère (31 Ma), Porto Santo (com idades de 11.1 - 14.3 Ma) e, finalmente da Madeira (com idades compreendidas entre 4.6 e 0.7 Ma) (Geldemacher *et al.*, 2000).

V.4. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DA P.^{TA} S. LOURENÇO

A Ponta de São Lourenço é um promontório longo e estreito que se prolonga para oriente nos Ilhéus do Desembarcadouro e do Farol. Corresponde à terminação leste do grande vulcão escudo atrás mencionado. É delimitado por arribas litorais escarpadas que apresentam um maior comando na costa norte. O seu topo é caracterizado por uma morfologia assimétrica, com uma inclinação geral para S, com altitudes entre 80 e 160 m.



Fig. V.10. O relevo da Ponta de S. Lourenço caracteriza-se por uma superfície topográfica inclinada no geral para S que é condicionada pela estrutura de vulcões situados mais a N. O cone da Sr.^a da Piedade e Casa do Sardinha são excepção.

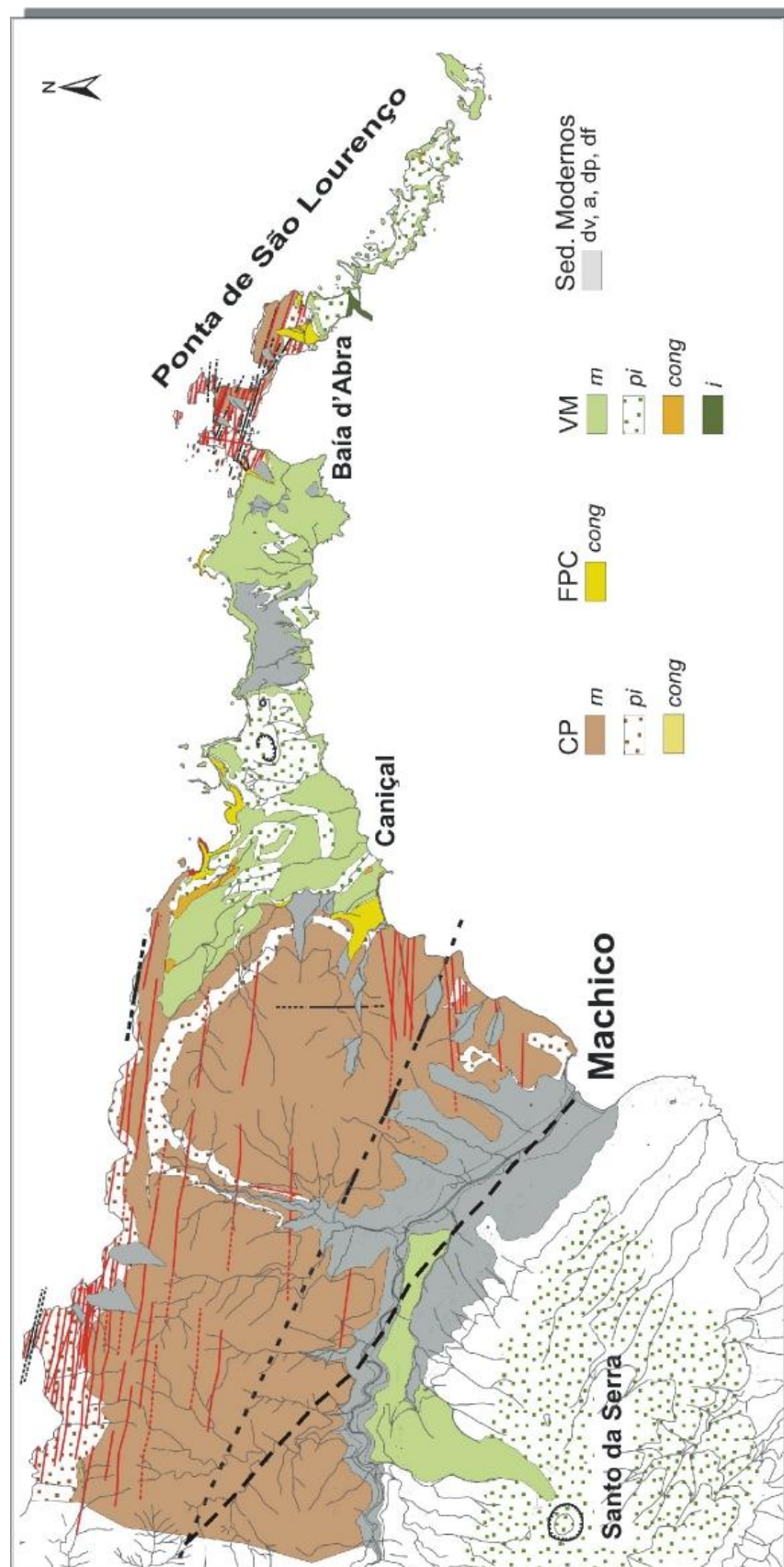


Fig. V.11. Mapa Geológico da Ponta de S. Lourenço (Ramalho, 2004; Ramalho *et al.*, 2005a) com a localização do cone da Sr.ª da Piedade.

De acordo com o levantamento geológico efectuado por Ramalho (2004) (Fig. V.11) afloram na zona da Baía de Abra – Ponta de S. Lourenço as seguintes unidades litoestratigráficas (respectivamente do mais antigo para o mais recente): Complexo Vulcânico Principal (CP); Formação do Porto da Cruz (FPC); Vulcanismo Moderno (VM).

V.4.1. Complexo Vulcânico Principal (CP)

O Complexo Vulcânico Principal é constituído essencialmente por escoadas e depósitos piroclásticos, de composição basáltica, por vezes intercalados por depósitos conglomeráticos grosseiros (Fig. V.12). Estas sequências revelam a existência de diferentes fases/épocas de actividade eruptiva, explosiva e efusiva, intercaladas por períodos de erosão, durante os quais ocorreram fortes enxurradas que transportaram densa carga clástica.

Os edifícios vulcânicos contemporâneos deste período eruptivo não apresentam, actualmente, qualquer vestígio das suas formas originais, uma vez que foram destruídos pela erosão e/ou fossilizados pelas unidades seguintes.

Esta unidade encontra-se muito recortada por filões, revelando que nesta zona da ilha ocorre um forte controlo estrutural da actividade eruptiva (Fig. V.13).

V.4.2. Formação do Porto da Cruz (FPC)

Esta unidade é constituída essencialmente por depósitos sedimentares grosseiros de fácies conglomeráticas e areníticas que assentam em inconformidade sobre a unidade do Complexo Principal CP (Ramalho *et al.*, 2003) (Fig. V.14; Fig. V.15). Revelam uma organização interna do tipo torrencial, por processos deposicionais de fluxo em massa, na qual a matriz argilosa permitiu o transporte de elevada carga clástica, do tipo *debrisflow*. O carácter grosseiro permite inferir um sub-ambiente caracterizado por sistemas fluviais de alta energia.



Fig. V.12. Corte na arriba litoral, na Baía de Abra, revelando uma sequência de níveis piroclásticos e escoadas basálticas (com níveis de cozimento na base de cor vermelha), pertencentes à Unidade do Complexo Principal (Foto A. Brum).



Fig. V.13. Níveis piroclásticos da Unidade do Complexo Principal, cortados por filões basálticos (Foto A. Brum).

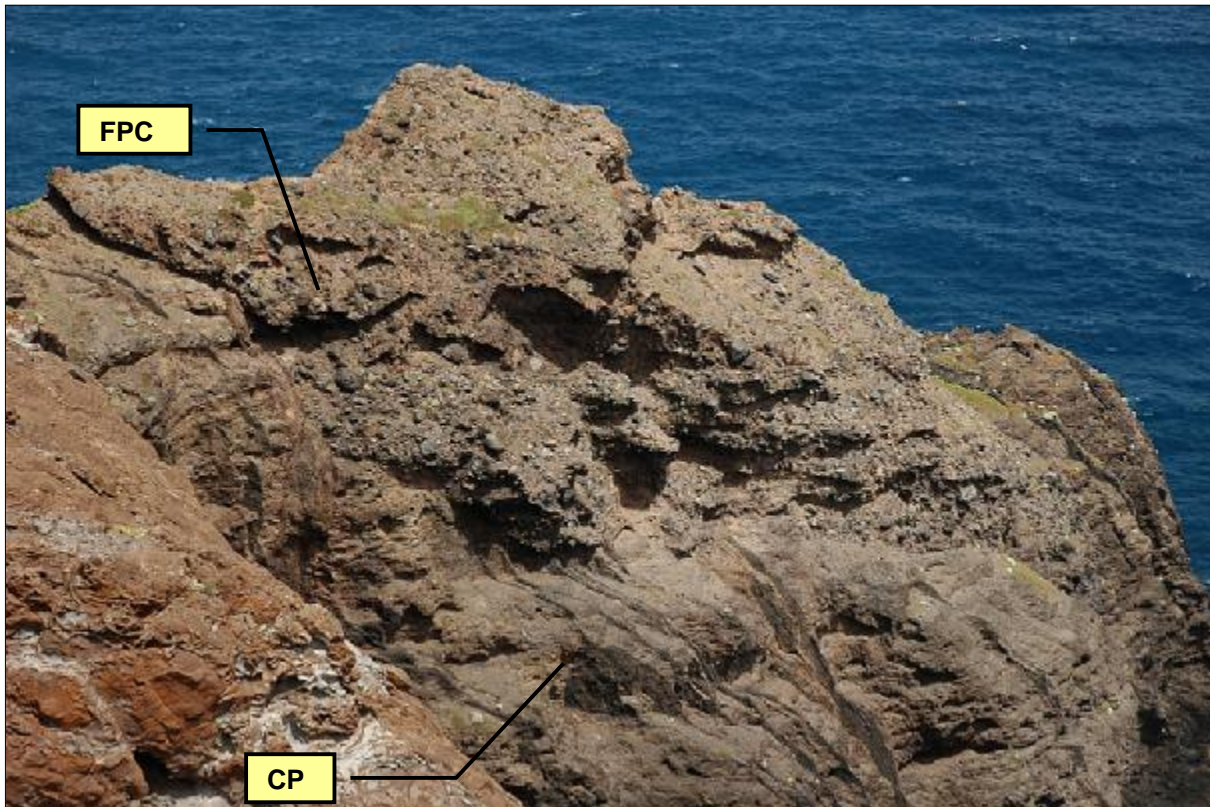


Fig. V.14. A Formação de Porto da Cruz (FPC) assente em inconformidade sobre a unidade do Complexo Principal (CP), cortada por diques basálticos.



Fig. V.15. Os conglomerados da Formação do Porto da Cruz (FPC) fossilizados por derrames lávicos basálticos da Unidade Vulcanismo Moderno (VM).



Fig. V.16. Sequência de derrames basálticos da Unidade Vulcanismo Moderno (VM) sobre a Formação de Porto da Cruz (FPC).

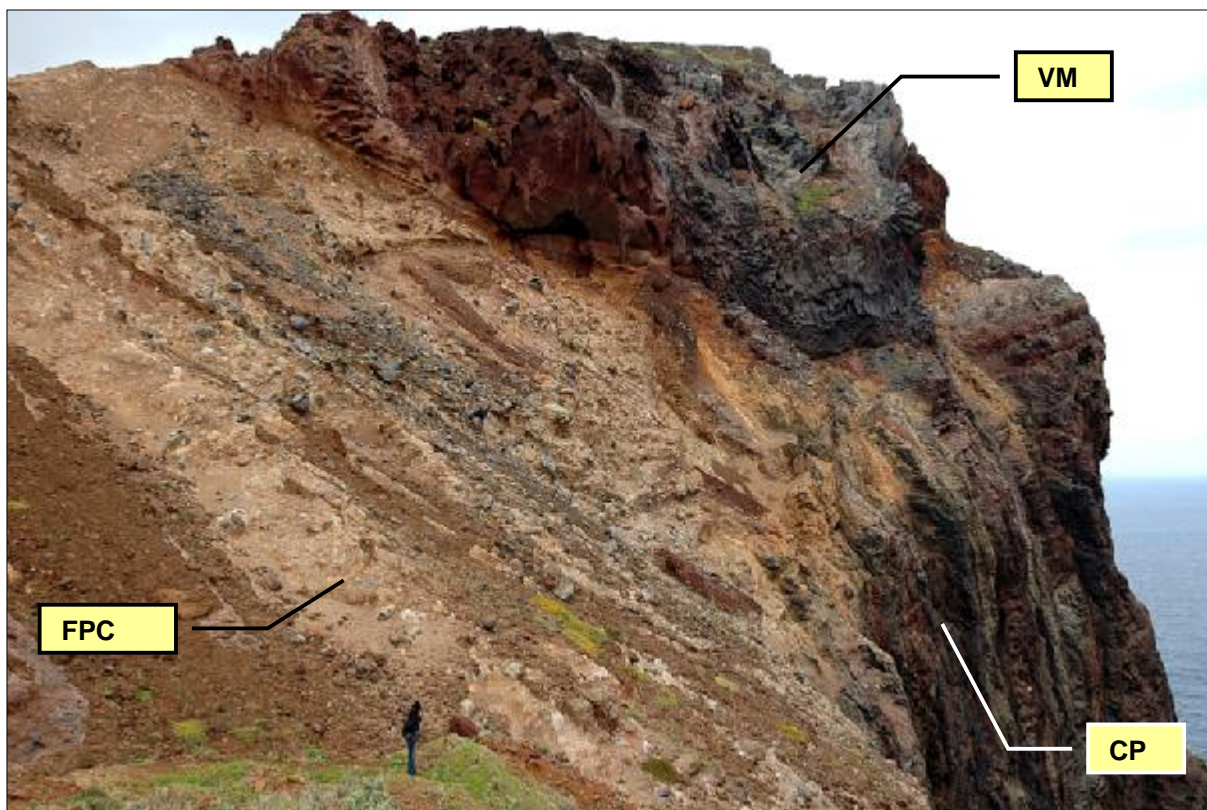


Fig. V.17. Espessa escoada basáltica da Unidade Vulcanismo Moderno (VM) sobre conglomerados da Formação de Porto da Cruz os quais assentam, por sua vez, sobre o Complexo Principal, cortado por diques.

V.4.3. Vulcanismo Moderno (VM)

Trata-se de uma unidade composta por espessas escoadas basálticas e depósitos piroclásticos de queda associados à edificação de cones de escórias basálticas (Fig. V.16; Fig. V.17). Por vezes os derrames encontram-se muito alterados, apresentando forte disjunção esferoidal.

Estes edifícios mantêm ainda a sua forma original, apesar de nalguns casos estarem parcialmente erodidos pela abrasão marinha. O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade insere-se estratigraficamente nesta unidade.

V.4.4. Tectónica da Ponta de S. Lourenço

De um ponto de vista tectónico, na Baía de Abra, o Complexo Vulcânico Principal (CP) encontra-se densamente cortado por falhas (Fig. V.18). Identificam-se duas famílias principais de direcções NW-SE e E-W apresentando fortes pendores para os dois quadrantes, sendo dominante a inclinação para o quadrante N.

Estes dois sistemas de fracturação são coincidentes com as principais direcções da rede filoneana e, também, com a direcção do alinhamento de cones de piroclastos da unidade VM evidenciando, portanto, importante controlo tectónico do vulcanismo. Com efeito, os cones de Cancela I, Sr.^a da Piedade e Casa do Sardinha (Fonte do Geraldo) encontram-se alinhados segundo uma direcção próxima de NW-SE (Fig. V.19), enquanto que os cones de Cancela I e Cancela II estão alinhados segundo uma direcção E-W (Ramalho *et al.*, 2005b; Brum da Silveira *et al.*, 2005).

Fig. V.18. As falhas, representadas por planos simples ou por zonas de falha complexas, mostram uma geometria do tipo anastomosado ou ramificado (Ramalho *et al.*, 2005b).



Fig. V.19. Alinhamento dos cones de piroclastos de Cancela I, Sr.^a da Piedade e Casa do Sardinha.

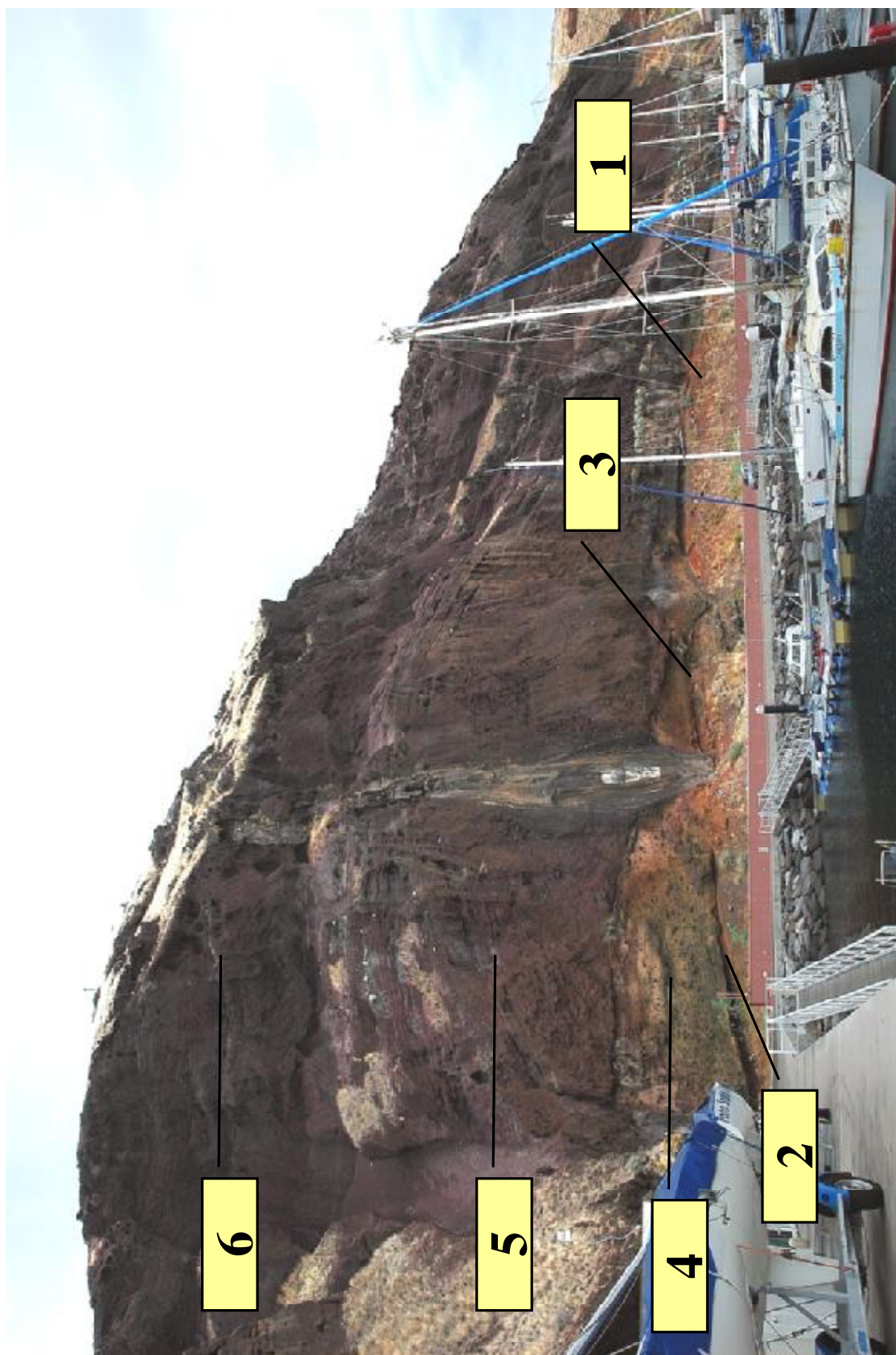


Fig. V.20. Diferentes etapas de actividade vulcânica identificadas no corte geológico do Cone de piroclastos da Sr.ª da Piedade

V.5. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GEOSSÍTIO

O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade é uma forma de construção vulcânica resultante de actividade eruptiva do tipo havaiano-estromboliano em ambiente subaéreo.

Trata-se de um aparelho monogenético cuja edificação foi feita por acumulação de piroclastos de queda, essencialmente *lapilli* e bombas de composição basáltica, em várias etapas (Fig. V.20). O mecanismo de deposição dos produtos extruídos foi exclusivamente por queda gravítica. No flanco W do cone observa-se uma escoada basáltica do tipo *aa* que derramou a partir de uma boca lateral, em direcção a S.

A acção de processos erosivos costeiros permitiu, por recuo de uma arriba litoral com cerca de 25 a 50 m de comando, a exposição de um corte natural que intersectou sensivelmente pela metade o cone de piroclastos.

Este corte revela, da base para o topo, a seguinte sucessão pertencente à Unidade Vulcanismo Moderno (Fig. V.20):

1- Sequência de escoadas de composição basáltica do tipo *aa*, com brecha de topo e de base. Encontram-se no geral muito alteradas, apresentando disjunção do tipo esferoidal. O topo aflora a cotas distintas ao longo do corte, denotando uma paleo-topografia irregular (Fig. V.21).

2- Nível de paleossolo. Trata-se de um horizonte de alteração pedogenético desenvolvido sobre o nível 1 por processos de argilização, de cor castanha alaranjada e cerca de 20 cm de espessura. Apresenta uma disjunção prismática à escala mesoscópica provavelmente associada a processos de aquecimento e cozimento induzidos pelo nível 4 (ver adiante) (Fig. V.22).

3- Depósito freatomagmático. Nível de cor cinzento-amarelado com cerca de 10 a 20 cm de espessura. Constituído por elementos líticos (dominantes) e juvenis, com 1 a 2 cm de diâmetro médio. Corresponde à primeira fase da erupção, na qual a água terá interagido com a rocha sobreaquecida pela ascensão do magma, contemporânea da abertura das condutas. Assenta directamente sobre os níveis 1 ou 2 (Fig. V.23).



Fig. V.21. 1- Sequência de escoadas de composição basáltica do tipo aa, com brecha de topo e de base (1). Observa-se uma superfície de erosão no seu topo, que marca uma paleotopografia irregular



Fig. V.22. Nível de paleossolo (2). Apresenta uma disjunção prismática à escala mesoscópica provavelmente associada a processos de aquecimento e cozimento induzidos pelo nível (4).



Fig. V.23. Depósito freatomagmático (3). Corresponde à primeira fase da erupção, na qual a água terá interagido com a rocha sobreaquecida pela ascensão do magma, contemporânea da abertura das condutas.



Fig. V.24. Depósito piroclástico de queda (4) relativo à segunda fase da erupção. As fácies maciças resultam da refusão das escórias basálticas.



Fig. V.25. Depósito piroclástico de queda (4) relativo à segunda fase da erupção;

4- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável (aumentando para W), com cerca de 15 a 20 m de potência máxima, de cor amarelada a vermelha. Observa-se, por vezes, uma transição gradual e contínua dos piroclastos de queda para níveis de derrame maciços com espessuras métricas a decamétricas; esta passagem lateral ocorre por (re) fusão dos primeiros. Corresponde à segunda fase da erupção (Fig. V.24; Fig. V.25).

5- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável, com cerca de 30 a 40 m de potência máxima, de cor vermelha. Constituído por *lapilli* e bombas, por vezes de grande dimensão (+ de 30 cm). Observa-se a estrutura interna do cone, com pendores elevados da estratificação para o exterior. Corresponde à terceira fase da erupção.

6- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável, com cerca de 30 a 40 m de potência máxima, de cor vermelha. Neste nível observam-se *lapilli* e bombas de forma esférica, provavelmente por acreção e rolamento de fragmentos de lava (em estado pastoso) ao longo dos flancos do cone.

Um dos aspectos mais didáticos do geossítio é a observação de um grande filão alimentador do cone (Fig. V.28), numa posição centrada, típica de uma conduta vulcânica “clássica”. A geometria particular deste dique, que não corta o substrato, indica injeção em fase tardia e sentido de fluxo lávico sub-horizontal (Fig. V.29). Para além deste, observam-se outros filões, igualmente descontínuos, com terminações “em rabo de enguia”.



Fig. V.26. Depósito piroclástico de queda (5). Observa-se a estrutura interna do cone, com pendores elevados da estratificação para o exterior. Corresponde à terceira fase da erupção.



Fig. V.27. Aspecto geral e pormenor do depósito piroclástico de queda (6). Neste nível observam-se *lapilli* de forma esférica, provavelmente por acreção e rolamento de fragmentos de lava (em estado pastoso) ao longo dos flancos do cone.



Fig. V.28. Filão alimentador do Cone de Piroclastos da Sr.ª da Piedade.



Fig. V.29. O dique que, no local, não corta o substrato, indica injeção em fase tardia e sentido de fluxo lávico sub-horizontal.

V.6. VERTENTE CULTURAL DO GEOSSÍTIO

O Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade, também popularmente designado de Monte Gordo, suporta no seu topo a capela que lhe dá o nome: a Capela da Nossa Senhora da Piedade.

A edificação desta capela ocorreu, provavelmente, no século XVII e esteve a cargo de Garcia Moreno, o primeiro administrador do Morgadio do Caniçal, ou por algum dos seus sucessores.

Relatam as vozes populares que esta construção resulta de uma promessa feita por marinheiros que ao verem o seu navio prestes a embater nos morros rochosos daquela costa decidiram edificar uma ermida dedicada à Santíssima Virgem para que os protegessem de tais perigos.

Desde então, todos os anos, acontece no terceiro fim-de-semana do mês de Setembro, a Festa da Nossa Senhora da Piedade que tem foros de romaria tradicional e galvaniza não só toda a comunidade local como ainda atrai muitos turistas, romeiros, peregrinos e emigrantes madeirenses repletos de sentimentos de respeito, veneração e sobretudo de gratidão para com a Senhora da Piedade que, do alto do monte (cone vulcânico), parece, dizem os populares, “vigiar os sulcos do mar por onde andam os seus filhos devotos da faina da pesca” (Fig. V.30).

Antigamente esta festa era organizada pelos homens do mar que exerciam o papel de festeiros²¹. Hoje em dia, a festa da Nossa Senhora da Piedade é produto de toda a comunidade paroquial e conta essencialmente com o seguinte programa: na véspera (Sábado), os barcos dos pescadores, rigorosamente decorados, desfilam na baía do Caniçal, enquanto se decide, através de concurso, qual deles será eleito para transportar a Virgem. Posteriormente, a embarcação eleita dirige-se ao porto onde fica ancorada enquanto os pescadores sobem o monte em direcção à capela de onde carregam a Imagem da Virgem em procissão até ao dito barco. A procissão segue em mar até à vila do Caniçal e tem términos na Igreja Paroquial. Aí permanece a noite e ao finalizar a Eucaristia no Domingo, a imagem da Nossa Senhora da Piedade regressa ao seu nicho, na sua capela, igualmente por mar.

²¹ - Indivíduo que promove, financia ou dirige uma festa.

Estas duas procissões constituem o auge das celebrações, uma vez que são acompanhadas por muitos outros barcos embandeirados, repletos de devotos que fazem questão de manifestar a sua fé, acompanhando a Senhora da Piedade.

Embora existam outros tantos locais onde se celebram festas dedicadas à Nossa Senhora da Piedade, considera-se que aqui, no Caniçal, é onde a devoção a esta santa adquire maior expressão uma vez que tem sido desde sempre *“uma terra de pescadores que vão para o alto mar para a faina da pesca, sempre com os olhos postos na capelinha do monte Gordo, e o coração junto à senhora da Piedade, a pedir protecção contínua para os perigos e vicissitudes que enfrentam”* (<http://www.jornaldamadeira.pt>).

Dada toda esta riqueza histórica que ainda rege uma população e que atrai outros tantos visitantes, o interesse do cone de piroclastos da N.ª Senhora da Piedade torna-se ainda mais elevado.



Fig. V.30. Festas da Nossa Senhora da Piedade. Fotos. Cantinho da Madeira

V.7. FICHA DE INVENTARIAÇÃO

Apresenta-se de seguida uma ficha de inventariação, preliminar, para o Geossítio estudado.

A. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL PROPOSTO

Designação do local

Cone de Piroclastos de Nossa Senhora da Piedade

Localização geográfica

Distrito	Região Autónoma da Madeira		
Concelho	Machico		
Freguesia	Caniçal		
Acessos (n.º e km)			
Auto-estrada		IP	IC
Estrada Regional	ER 109/	Caminho Municipal	
Caminho	Marina Quinta do Lorde	Trilho	
Coordenadas Geográficas	Latitude: 32° 44' 32.1" N Longitude: 016° 42' 44.4" W		
	Cota	109 m	
Povoação mais próxima (qual e distância)			
Vila do Caniçal – 2.5 km			
Cidade mais próxima (qual e distância)			
Machico – 10 km			
Acessibilidade			
Fácil	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderada	<input type="checkbox"/>
		Difícil	<input type="checkbox"/>
Distância do local proposto ao ponto mais próximo de acesso (metros)			
Autocarro	400 m	Automóvel	200 m
		Veículo todo o terreno	200 m

Enquadramento geológico geral

Ambiente dominante
 Plutónico Vulcânico Metamórfico Sedimentar

Localização
 Orlas Meso-Cenozóicas Maciço antigo Arq dos Açores Arq. da Madeira

Avaliação preliminar

	Sítio (< 0,1 ha)	lugar (0,1 - 10 ha)	zona (10 -1000 ha)	área (> 1000 ha)	
Magnitude local	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		boas	satisfatórias	más	
Condições de observação		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Muito elevada	elevada	razoável	baixa	muito baixa
Vulnerabilidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Estatuto do local

Submetido à protecção directa

Parque Nacional Paisagem protegida Rede Natura

Parque Natural Sítio classificado

Reserva Natural Monumento natural

Submetido à protecção indirecta qual

Nível de protecção Suficiente Insuficiente Muito deficiente

Não submetido à protecção Necesita de protecção- Sim Não

O local é sensível a uma divulgação generalizada Sim Não

Nível de urgência para promover a protecção

 muito urgente urgente a médio prazo a longo prazo

Características que justificam a resposta

O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade é uma forma de construção vulcânica resultante de actividade eruptiva do tipo havaiano-estromboliano em ambiente subaéreo, representativa da Unidade Vulcanoestratigráfica denominada Vulcanismo Moderno (< 1.7 Ma).

Trata-se de um aparelho monogenético cuja edificação foi feita por acumulação de piroclastos de queda, essencialmente *lapilli* e bombas de composição basáltica, em várias etapas. O mecanismo de deposição dos produtos extruídos foi exclusivamente por queda gravítica. No flanco W do cone observa-se uma escoada basáltica do tipo *aa* que derramou a partir de uma boca lateral, em direcção a S.

Os aspectos que o tornam interessante e justificam a sua proposta de classificação são simultaneamente vulcanológicos e geomorfológicos: neste local, os processos de erosão costeira associados à evolução e recuo da arriba litoral actual cortaram, aproximadamente pela metade, o cone de piroclastos basálticos, de morfologia de construção ainda bem conservada, revelando de modo excepcional as condutas alimentadoras, produtos vulcânicos, bem como numerosos aspectos da sua estrutura interna, os quais permitem interpretar as etapas da sua edificação.

Aproveitamento do terreno (valores em %)

Rural	<input type="text"/>	Não rural	<input checked="" type="checkbox"/>
Florestal	<input type="text"/>	Zona industrial	<input type="text"/>
Agrícola	<input type="text"/>	Zona urbana	<input type="text"/>
		Urbanizado	<input checked="" type="checkbox"/>
		Urbanizável	<input type="text"/>

Situação Administrativa (valores em %)

Propriedade do Estado	<input type="text"/>	Propriedade de entidades públicas	<input type="text"/>
Propriedade da Autarquia local	<input type="text"/>	Propriedade particular	<input type="text"/>
Propriedade de entidades privadas	<input type="text" value="100 %"/>		

Obstáculos para o aproveitamento local

Sem obstáculos	<input checked="" type="checkbox"/>		
Com obstáculos	<input type="checkbox"/>	proximidade de:	
		Indústrias	<input type="checkbox"/>
		Depósitos	<input type="checkbox"/>
		Urbanizações	<input type="text"/>
		Outros	<input type="text"/>

Esboço e/ou descrição dos obstáculos

B. TIPO DE INTERESSE DO LOCAL PROPOSTO

Pelo conteúdo (B - baixo; M - médio; A - alto)

Geomorfológico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Mineralógico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Paleontológico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A	Geoquímico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Estratigráfico	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> A	Petrológico	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Tectónico	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> A	Geofísico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X
Hidrogeológico	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A	Mineiro	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Geotécnico	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A	Museus e colecções	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Outro	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Outro	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Qual	<input type="text" value="VULCANOLÓGICO"/>	Qual	<input type="text"/>

Pela possível utilização (B - baixo; M - médio; A - alto)

Turística	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Económica	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> A
Científica	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Didáctica	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X

Pela sua influência a nível: (B - baixo; M - médio; A - alto)

Local	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Nacional	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> A
Regional	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> X	Internacional	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> A

Observações gerais

Um dos aspectos mais didácticos do geossítio

C. BIBLIOGRAFIA E COMENTÁRIOS

RAMALHO, R. (2004) – *Cartografia Geológica da Madeira. Estratigrafia e Tectónica do Sector a Leste de Machico*. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. 146 p.

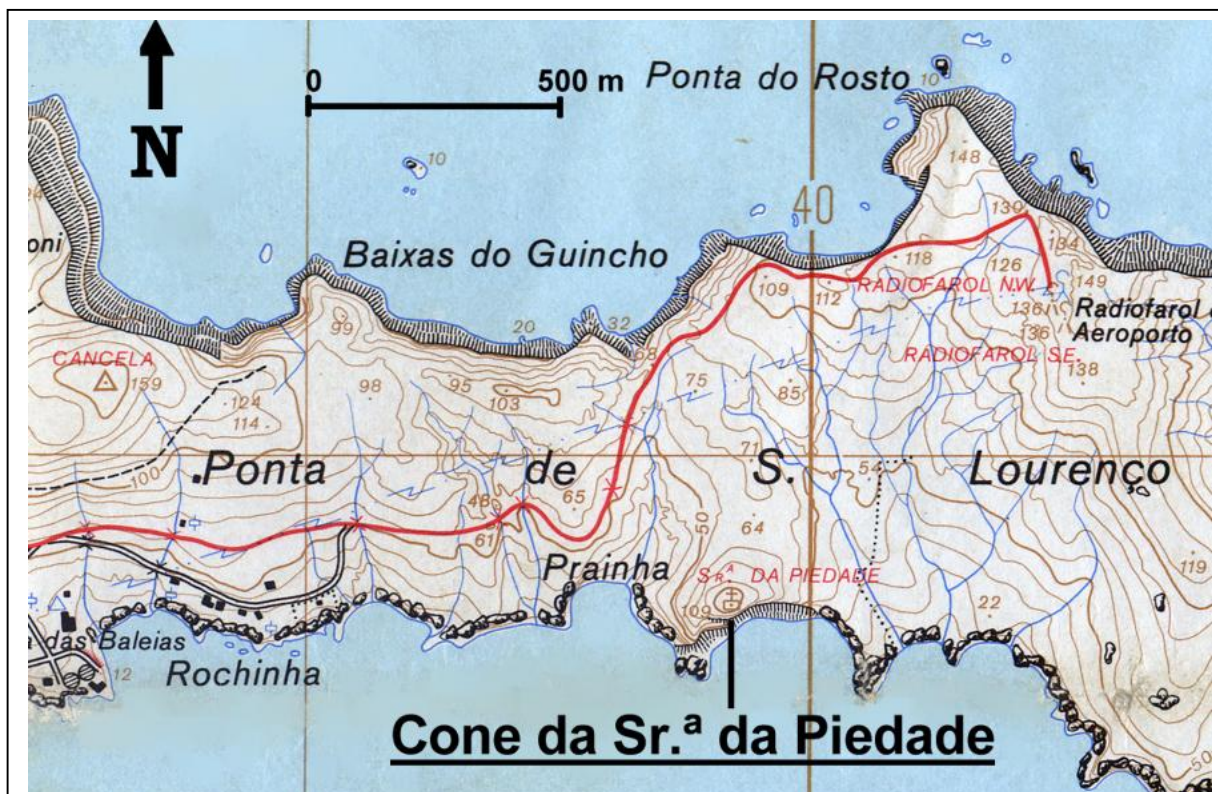
RAMALHO, R.; MADEIRA, J.; FONSECA, P.E.; BRUM DA SILVEIRA, A.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. F. (2005a) Tectónica da Ponta de São Lourenço, Ilha da Madeira. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Coruña*. Vol. 30, pp. 223-234.

RAMALHO, R.; BRUM DA SILVEIRA, A.; MADEIRA, J.; FONSECA, P.E.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. F. (2005b) Fracture pattern and structural control of Madeira Island Volcanism (Portugal). Volume de abstracts do International Workshop on Ocean Island Volcanism, Sal, Cabo Verde, 2 – 8 Abril 2005: p.33.

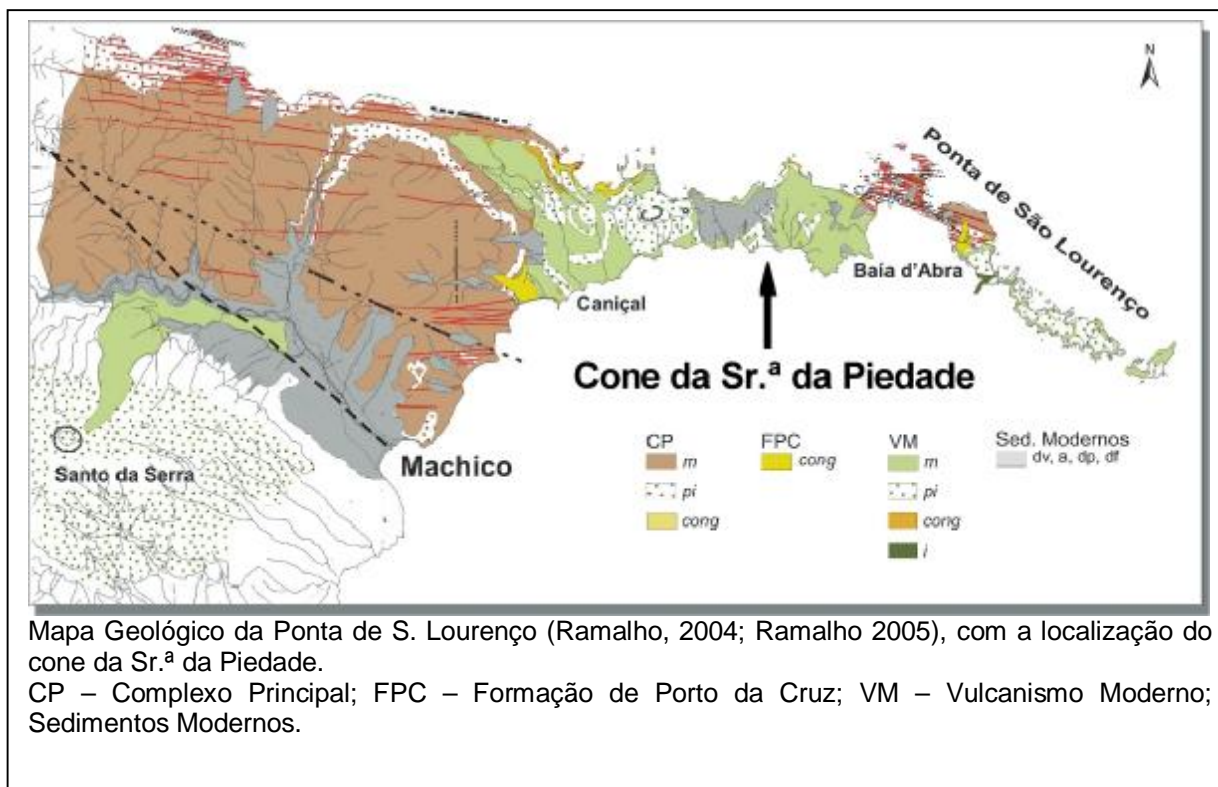
BRUM DA SILVEIRA, A.; CANHA, E.; MADEIRA, J.; RAMALHO, R.; FONSECA, P.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. (2006) - Património Geológico da Ilha da Madeira. O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade (Ponta de S. Lourenço, Ilha da Madeira, *IV Jornadas Internacionais de vulcanologia da Ilha do Pico, Açores*.

D. DOCUMENTAÇÃO GRÁFICA

D1. Localização (extracto da carta topográfica 1:25 000, Folha 7 – Machico, da Carta Militar de Portugal na escala 1:25.000, série P821)



D2. Esboço geológico



Mapa Geológico da Ponta de S. Lourenço (Ramalho, 2004; Ramalho 2005), com a localização do cone da Sr.^a da Piedade.

CP – Complexo Principal; FPC – Formação de Porto da Cruz; VM – Vulcanismo Moderno; Sedimentos Modernos.

D3. Fotografias do local proposto

D4. Outros dados gráficos (coluna litológica, cortes geológicos, etc)

A acção de processos erosivos costeiros permitiu, por recuo de uma arribal litoral com cerca de 25 a 50 m de comando, a exposição de um corte natural que intersectou sensivelmente pela metade o cone de piroclastos. Este corte revela, da base para o topo, a seguinte sucessão pertencente à Unidade Vulcanismo Moderno:

1 - Sequência de escoadas de composição basáltica do tipo aa, com brecha de topo e de base. Encontram-se no geral muito alteradas, apresentando disjunção do tipo esferoidal. O topo aflora a cotas distintas ao longo do corte, denotando uma paleo-topografia irregular.

2- Nível de paleossolo. Trata-se de um horizonte de alteração pedogenético desenvolvido sobre o nível 1 por processos de argilização, de cor castanha alaranjada e cerca de 20 cm de espessura. Apresenta uma disjunção prismática à escala mesoscópica provavelmente associada a processos de aquecimento e cozimento induzidos pelo nível 4 (ver adiante).

3- Depósito freatomagmático. Nível de cor cinzento-amarelado com cerca de 10 a 20 cm de espessura. Constituído por elementos líticos (dominantes) e juvenis, com 1 a 2 cm de diâmetro médio. Corresponde à primeira fase da erupção, na qual a água terá interagido com a rocha sobreaquecida pela ascensão do magma, contemporânea da abertura das condutas. Assenta directamente sobre os níveis 1 ou 2.

4- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável (aumentando para W), com cerca de 15 a 20 m de potência máxima, de cor amarelada a vermelha. Observa-se, por vezes, uma transição gradual e contínua dos piroclastos de queda para níveis de derrame maciços com espessuras métricas a decamétricas; esta passagem lateral ocorre por (re) fusão dos primeiros. Corresponde à segunda fase da erupção.

5- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável, com cerca de 30 a 40 m de potência máxima, de cor vermelha. Constituído por *lapilli* e bombas, por vezes de grande dimensão (+ de 30 cm). Observa-se a estrutura interna do cone, com pendores elevados da estratificação para o exterior. Corresponde à terceira fase da erupção.

6- Depósito piroclástico de queda. Nível de espessura variável, com cerca de 30 a 40 m de potência máxima, de cor vermelha. Neste nível observam-se *lapilli* e bombas de forma esférica, provavelmente por acreção e rolamento de fragmentos de lava (em estado pastoso) ao longo dos flancos do cone.

Observações

Na região da Ponta de S. Lourenço afloram as seguintes unidades litoestratigráficas:

O Complexo Vulcânico Principal é constituído essencialmente por escoadas e depósitos piroclásticos, de composição basáltica, por vezes intercalados por depósitos conglomeráticos grosseiros. Estas sequências revelam a existência de diferentes fases/épocas de actividade eruptiva, explosiva e efusiva, intercaladas por períodos de erosão, durante os quais ocorreram fortes enxurradas que transportaram densa carga clástica.

Os edifícios vulcânicos contemporâneos deste período eruptivo não apresentam, actualmente, qualquer vestígio das suas formas originais, uma vez que foram destruídos pela erosão e/ou fossilizados pelas unidades seguintes.

Esta unidade encontra-se muito recortada por filões, revelando que nesta zona da ilha ocorre um forte controlo estrutural da actividade eruptiva.

A Unidade Formação de Porto da Cruz é constituída essencialmente por depósitos sedimentares grosseiros de fácies conglomeráticas e areníticas que assentam em inconformidade sobre a unidade do Complexo Principal CP. Revelam uma organização interna do tipo torrencial, por processos deposicionais de fluxo em massa, na qual a matriz argilosa permitiu o transporte de elevada carga clástica, do tipo debrisflow. O carácter grosseiro permite inferir um sub-ambiente caracterizado por sistemas fluviais de alta energia.

A Unidade Vulcanismo Moderno (VM) é composta por espessas escoadas basálticas e depósitos piroclásticos de queda associados à edificação de cones de escórias basálticas. Por vezes os derrames encontram-se muito alterados, apresentando forte disjunção esferoidal. Estes edifícios mantêm ainda a sua forma original, apesar de nalguns casos estarem parcialmente erodidos pela abrasão marinha. O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade insere-se estratigraficamente nesta unidade.

E. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS SEDIMENTARES

Ambientes sedimentares actuais antigos

continentais <input type="checkbox"/>	misto-transição <input type="checkbox"/>	marinhos <input type="checkbox"/>
observações		

Litologia dominante

terrígena <input type="checkbox"/>	não terrígena <input type="checkbox"/>
Observações:	

Estruturas sedimentares sim não

Quais

Fósseis

sim não

Descontinuidades estratigráficas

sim não

F. FENÓMENOS RELACIONADOS COM PROCESSOS ÍGNEOS INTRUSIVOS

Litologia e textura
especifique

Estruturas intrusivas

No geossítio observa-se um grande filão, alimentador do cone de piroclastos, numa posição centrada em relação ao edifício, típica de uma conduta vulcânica “clássica”.
A geometria particular deste dique, que não corta o substrato, indica injeção em fase tardia e sentido de fluxo lávico sub-horizontal.
Para além deste, observam-se outros filões, igualmente descontínuos com terminações “rabo de enguia” revelando, de igual modo, um fluxo sub-horizontal.

Esboço textural e/ou estrutural**G. FENÓMENOS GEOLÓGICOS RELACIONADOS COM PROCESSOS METAMÓRFICOS**

Tipo de metamorfismo	<input type="text"/>	Grau de metamorfismo	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Litologia e textura Especifique
Estruturas metamórficas e migmatíticas Especifique

Esboço textural e/ou estrutural**I. FENÓMENOS RELACIONADOS COM A DEFORMAÇÃO DAS ROCHAS**

Deformação frágil Deformação dúctil Deformação mista

Fracturação
Especifique

Estruturas menores
Especifique

Estruturas maiores

De um ponto de vista tectónico, na Baía de Abra, o Complexo Vulcânico Principal (CP) encontra-se densamente cortado por falhas. Identificam-se duas famílias principais de direcções NW-SE e E-W apresentando fortes pendores para os dois quadrantes, sendo dominante a inclinação para o quadrante N.

Estes dois sistemas de fracturação são coincidentes com as principais direcções da rede filoneana e, também, com a direcção do alinhamento de cones de piroclastos da unidade VM evidenciando, portanto, importante controlo tectónico do vulcanismo. Com efeito, os cones de Cancela I, Sr.^a da Piedade e Casa do Sardinha (Fonte do Geraldo) encontram-se alinhados segundo uma direcção próxima de NW-SE, enquanto que os cones de Cancela I e Cancela II estão alinhados segundo uma direcção E-W

Deformações por gravidade e mistas
Especifique

Movimentos do terreno
Especifique

Esboço estrutural



J. FORMAS DE EROSÃO E CONSTRUÇÃO EM DIVERSOS MEIOS

<p>Glaciar Especifique</p>
<p>Periglaciar Especifique</p>
<p>Desérticos e semidesérticos Especifique</p>
<p>Formas cársticas Especifique</p>
<p>Formas em rios Especifique</p>

Outras morfologias
Morfologia de construção vulcânica – cone de escórias basálticas.

Observações

L. FENÓMENOS RELACIONADOS COM GEOLOGIA APLICADA

Hidrogeologia
Especifique

Depósitos minerais
Especifique

Geofísica e Geoquímica
Especifique

Geotecnia
especifique

Observações

V.8. PROPOSTA DE QUANTIFICAÇÃO

Para a quantificação do geossítio em estudo foram atribuídos valores a cada critério (A. critérios intrínsecos ao geossítio, B. Critérios relacionados com o uso potencial do geossítio e C. Critérios relacionados com a necessidade de protecção do geossítio) numa escala de 1 a 5.

Estes valores estão referenciados na “Proposta de quantificação de geossítios baseada e modificada a partir do trabalho de Udeca (2000)”, apresentada por Brilha (2005) e apresentados seguidamente.

A. Critérios relacionados com o uso potencial do geossítio

A.1 – Abundância e raridade

5. Só existe um exemplo na área em análise
4. Existem 2 – 4 exemplos
3. Existem 5 – 11 exemplos
2. Existem 11 – 20 exemplos
1. Existem mais de 20 exemplos

A.2 – Extensão

5. Superior a 1000000
4. De 100000 a 1000000
3. De 10000 a 100000
2. De 1000 a 10000
1. Menor que 1000

A.3 – Grau de conhecimento científico

5. Mais de uma tese de doutoramento/mestrado e mais de um artigo publicado em revista internacional
4. Pelo menos uma tese de doutoramento/mestrado ou mais de um artigo publicado em revista internacional ou mais de cinco artigos publicados em revistas nacionais
3. Pelo menos um artigo publicado em revista internacional ou quatro artigos publicados em revistas nacionais
2. Algumas notas breves publicadas em revistas nacionais ou um artigo publicado em revistas regionais/locais.
1. Não existem trabalhos publicados

A.4 – Utilidade como modelo para ilustração de processos geológicos

5. Muito útil
3. Moderadamente útil
1. Pouco útil

A.5 – Diversidade de elementos de interesse

5. Cinco ou mais tipos de interesse
4. Quatro tipos de interesse
3. Três tipos de interesse
2. Dois tipos de interesse
1. Um tipo de interesse

A.6 – Local-tipo

5. É reconhecido como um local-tipo na área em análise
3. É reconhecido como local-tipo “secundário”
1. Não é reconhecido como local-tipo

A.7 – Associação com elementos de índole cultural

5. Existem no local ou nas suas imediações evidências de interesse arqueológico e de outros tipos
4. Existem evidências arqueológicas e de algum outro tipo
3. Existem vestígios arqueológicos
2. Existem elementos de interesse não arqueológico
1. Não existem outros elementos de interesse

A.8 – Associação com outros elementos do meio natural

5. Fauna e flora notáveis pela sua abundância, grau de desenvolvimento ou presença de espécies de especial interesse
3. Presença de fauna ou flora de interesse moderado
1. ausência de outros elementos naturais de interesse

A.9 – Estado de conservação

5. Perfeitamente conservado, sem evidências de deterioração
4. Alguma deterioração
3. Existem escavações, acumulações ou construções mas que não impedem a observação das suas características essenciais
2. Existem numerosas escavações, acumulações ou construções que deterioram as características de interesse do geossítio
1. Fortemente deteriorado

B. Critérios relacionados com a necessidade de protecção do geossítio**B.1 – Possibilidade de realizar actividades (científicas, pedagógicas, turísticas, recreativas)**

5. É possível realizar actividades científicas e pedagógicas
3. É possível realizar actividades científicas ou pedagógicas
1. É possível realizar outros tipos de actividades.

B.2 – Condições de observação

5. Óptimas
3. Razoáveis
1. Deficientes

B.3 – Possibilidade de colheita de objectos geológicos

5. É possível a colheita de rochas, fósseis e minerais sem danificar o geossítio.
4. É possível a colheita de rochas ou de fósseis ou de minerais sem danificar o geossítio.
3. É possível a colheita de algum tipo de objecto embora com restrições
2. É possível a colheita de algum tipo de objecto embora prejudicando o geossítio
1. Não se podem recolher amostras

B.4 – Acessibilidade

5. Acesso directo a partir de estradas nacionais
4. Acesso a partir de estradas secundárias
3. Acesso a partir de caminhos não asfaltados mas facilmente transitáveis por veículos automóveis
2. O geossítio localiza-se a menos de 1 km de algum caminho utilizável por veículos automóveis
1. O geossítio localiza-se a mais de 1 km de algum caminho utilizável por veículos automóveis

B.5 – Proximidade a povoações

5. Existe uma povoação com mais de 10000 habitantes e com oferta hoteleira variada a menos de 5 km
4. Existe uma povoação com menos de 10000 habitantes, com oferta hoteleira
3. Existe uma povoação com oferta hoteleira entre 5 a 20 km
2. Existe uma povoação com oferta hoteleira entre 20 a 40 km
1. Só existe uma povoação com oferta hoteleira a mais de 40 km

B.6 – Número de habitantes

5. Existem mais de 100000 habitantes num raio de 25 km
4. Existem entre 50000 e 100000 habitantes num raio de 25 km
3. Existem entre 25000 e 50000 habitantes num raio de 25 km
2. Existem entre 10000 e 25000 habitantes num raio de 25 km
1. Existem menos de 10000 habitantes num raio de 25 km

B.7 – Condições sócio – económicas

5. Os níveis de rendimento *per capita* e de educação da área são superiores à média nacional e a taxa de desemprego é menor
3. Os níveis de rendimento *per capita*, de educação e de desemprego da área são equivalentes à média nacional
1. Os níveis de rendimento *per capita*, de educação e de desemprego da área são piores em relação à média nacional

C. Critérios relacionados com a necessidade de protecção do geossítio

C.1 – Ameaças actuais ou potenciais

5. Zona rural, não sujeita a desenvolvimento urbanístico ou industrial nem a construção de infra-estruturas e sem perspectiva de estar submetida a tal
3. Zona de carácter intermédio, não estando especificamente previstos desenvolvimentos concretos mas que apresenta razoáveis possibilidades num futuro próximo
1. Zona incluída em áreas de forte expansão urbana ou industrial ou em locais onde está prevista a construção de infra-estruturas

C.2 – situação actual

5. Geossítio sem qualquer tipo de protecção legal
3. Geossítio incluído numa área com protecção legal (rede natura, protecção municipal,...)
1. Geossítio incluído numa área protegida integrada na Rede Nacional de Áreas Protegidas

C.3 – Interesse para a exploração mineira

5. O geossítio encontra-se numa zona sem nenhum tipo de interesse mineiro
4. O geossítio encontra-se numa zona com índices minerais de interesse
3. O geossítio encontra-se numa zona com reservas importantes de materiais de baixo valor unitário, embora não esteja prevista a sua exploração imediata
2. O geossítio encontra-se numa zona com reservas importantes de materiais de baixo valor unitário e em que é permitida a sua exploração
1. O geossítio encontra-se numa zona com grande interesse mineiro para recursos com elevado valor unitário e com concessões activas

C.4 – Valor dos terrenos (euros/m²)

5. Menor que 5
4. De 6 a 10
3. De 11 a 30
2. De 31 a 60
1. Superior a 60

C.5 – Regime de propriedade

5. Terreno predominantemente pertencente ao Estado
4. Terreno predominantemente de propriedade municipal
3. Terreno parcialmente público e privado
2. Terreno privado pertencente a um só proprietário
1. Terreno privado pertencente a vários proprietários

C.6 – Fragilidade

5. Aspectos geomorfológicos que pelas suas grandes dimensões, relevo, etc., são dificilmente afectados, de modo importante, pelas actividades humanas
4. Grandes estruturas geológicas ou sucessões estratigráficas de dimensões quilométricas que, embora possam degradar-se por grandes intervenções humanas, a sua destruição é pouco provável
3. Aspectos de dimensão hectométrica que podem ser destruídas em grande parte por intervenções não muito intensas

2. Aspectos estruturais, formações sedimentares ou rochosas de dimensões decamétricas que podem ser facilmente destruídas por intervenções humanas pouco expressivas
1. Aspectos de dimensão métrica, que podem ser destruídos por pequenas intervenções ou jazidas minerais ou paleontológicas de fácil depreciação

Tabela V.1 Quantificação

Critérios de Quantificação		Valor
A. Critérios Intrínsecos ao Geossítio	A1. Abundância ou raridade	5
	A2. Extensão (área em m ²)	3
	A3. Grau de conhecimento científico	4
	A4. Utilidade como modelo para ilustração de processos geológico	5
	A5. Diversidade de elementos de interesse	5
	A6. Local – tipo	5
	A7. Associação com elementos de índole cultural	2
	A8. Associação com outros elementos do meio natural	1
	A9. Estado de conservação	3
B. Critérios relacionados com o uso potencial do geossítio	B1. Possibilidade de realizar actividades científicas, pedagógicas, turísticas ou recreativas	5
	B2. Condições de observação	5
	B3. Possibilidade de colheita de objectos geológicos	5
	B4. Acessibilidade	5
	B5. Proximidade a povoações	3
	B6. Número de habitantes	3
	B7. Condições sócio-económicas	1
C. Critérios relacionados com a necessidade de protecção do geossítio	C1. Ameaças actuais ou potenciais	1
	C2. Situação actual	1
	C3. Interesse para a exploração mineira	5
	C4. Valor dos terrenos (euros/m ²)	2
	C5. Regime de propriedade	1
	C6. Fragilidade	2

Após a análise dos valores atribuídos a cada critério podemos ver que os mesmos estão de acordo com o estipulado na Tabela V.1. Como tal, e segundo a bibliografia consultada (Brilha, 2005), o geossítio em causa, Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade, pode ser considerado de âmbito nacional ou internacional.

Tabela V.2 - Valores de referência para geossítios de âmbito internacional

A1 ≥ 3	B1 ≥ 3
A3 ≥ 4	B2 ≥ 3
A6 ≥ 3	
A9 ≥ 3	

Cálculo da quantificação final da relevância do geossítio

Geossítio de âmbito internacional ou nacional
$Q = (2A + B + 1,5C) / 3$
Q – Quantificação final da relevância do geossítio (arredondada às décimas)
A, B e C – Soma dos resultados obtidos para cada conjunto de critérios

$$Q = (2A + B + 1,5C) / 3$$

$$Q = (2(5+3+4+5+5+5+2+1+3) + (5+5+5+5+3+3+1) + 1,5(1+1+5+2+1+2)) / 3$$

$$Q = (2(33) + 27 + 1,5(12)) / 3$$

$$Q = (66 + 27 + 18) / 3$$

$$Q = 111 / 3$$

$$Q = 37$$

Ainda segundo Brilha (2005) quanto maior o valor de Q, maior é a relevância do geossítio e, por conseguinte, mais urgente é a necessidade de serem aplicadas estratégias de Geoconservação.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSÕES

VI. CONCLUSÕES

Na Região Autónoma da Madeira, a importância dada à geoconservação foi recentemente reconhecida através da publicação do Decreto Legislativo Regional n.º 24/2004/M de 20 de Agosto, que visa, entre outros, estabelecer objectivos para a conservação e preservação do seu Património Geológico.

Os geossítios representam testemunhos da história da Terra com relevante interesse, tanto a nível científico como pedagógico, estético, cultural, turístico e até social. A sua integridade deve, portanto, ser protegida e é imperativo proceder à sua inventariação e caracterização no âmbito de uma legislação de Património Natural que inclua a Geodiversidade.

Neste contexto, importa conhecer as ameaças a que estes locais de interesse geológico estão sujeitos, definir as acções que possam assegurar a sua protecção e implementar as medidas de geoconservação, as quais devem integrar políticas que promovam, de forma sustentável, a valorização do Património Geológico e o seu usufruto por parte das populações.

De entre os vários locais de interesse geológico na ilha da Madeira, o Cone de Piroclastos da Sra. da Piedade foi o sítio seleccionado para exemplificar toda a problemática referente ao Património Geológico e à Geoconservação. A sua selecção justificou-se não só pelo facto de apresentar características geomorfológicas e vulcanológicas ímpares, que ilustram os processos construtivos do próprio edifício insular, mas também porque relata hábitos de um povo e da sua cultura. O facto de estar projectada uma extensa urbanização hoteleira neste local coloca, pois, uma séria ameaça à preservação desses valores. É necessário equacionar, de forma inteligente, o equilíbrio entre turismo e ambiente.

Na aplicação de algumas das estratégias da Geoconservação ao Cone de Piroclastos da Senhora da Piedade, nomeadamente a inventariação e a quantificação, surgiram algumas dúvidas. Estas foram esclarecidas mediante a consulta de bibliografia, a análise de mapas, testemunhos orais e de informação disponibilizada por diversas entidades, nomeadamente órgãos da autarquia e a secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais.

No que respeita à ficha de inventariação utilizada (Proposta de Classificação da PROGEO), sentiu-se a necessidade de se alterarem alguns itens, uma vez que a

mesma está adequada a uma inventariação a ser levada a cabo em território continental e não insular.

Uma outra dificuldade encontrada e ainda respeitante à etapa da inventariação foi a identificação do estatuto do local em estudo. O geossítio está inserido dentro dos limites do Parque Natural da Madeira e numa área abrangida pela Rede Natura 2000. Este dado proporciona, à partida, alguma protecção ao geossítio mas não a suficiente uma vez que, sendo propriedade privada, os seus proprietários podem decidir investir de modo a alterar irreversivelmente o local.

No que respeita à quantificação do geossítio foi calculado o valor final da relevância do geossítio, do qual se obteve o valor 37 para Q. O seu significado só será relevante quando comparado com outros valores de referência referentes a outros geossítios da Região.

Por fim, esta dissertação deverá ser entendida como um trabalho preliminar e como um pequeno contributo na acção de preservar e valorizar a diversidade geológica do nosso país.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

- Ä ANGUITA, F.; MARQUEZ, Á.; CASTINEIRAS, P.; HERMÁN, F. (2002) - *Los Volcanes de Canarias – Guia Geológico e Itinerários*; Editorial Rueda SC, Madrid; 222 p.
- Ä ARENGA R. (1997) – Inventariação e Avaliação do Património Geológico. Bases para uma estratégia de conservação e classificação de geótopos (relatório preliminar). Jornadas Técnicas “Geomonumentos, Conservação da Natureza e Desenvolvimento Regional”, 14 p.
- Ä AZEVEDO, T.; PIMENTEL, N. (2004) - *Ler a Paisagem I – uma abordagem actual para a divulgação da Geodiversidade. Abstracts. I*, Coimbra.
- Ä BRILHA, J.; DIAS, G.; MENDES, A.; HENRIQUES, R.; AZEVEDO, I.; PEREIRA, R. (1999) - *A Internet e a Divulgação do Património Geológico. Resumos do I Seminário sobre o Património Geológico Português*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro.
- Ä BRILHA, J. (2002) - *Geoconservation and Protected Areas; Environmental Conservation*, **29**(3): 273-276.
- Ä BRILHA, J. (coord.), (2004) - *Categorias geológicas Portuguesas de Relevâncias Internacional – Inventariação do Património Geológico. PROGEO*.
- Ä BRILHA, J. (2005) – *Património Geológico e Geoconservação - a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Palimage Editores. Braga.190 p.
- Ä BRILHA, J.; ANDRADE, C.; BARRIGA, F.; CACHÃO, M.; COUTO, H.; CUNHA, P.; CRISPIM, J.; DANTAS, P.; DUARTE, L.; FREITAS, M.; Granja, H.; Henriques, M.; HENRIQUES, P.; LOPES, L.; MADEIRA, J.; MATOS, J.; NORONHA, F.; PAIS, J.; PIÇARRA, J.; RAMALHO, M.; RELVAS, J.; RIBEIRO, A.; SANTOS, A.; SANTOS, V.; TERRINHA, P. (2005) - *Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. Episodes*, Vol. 28, n.º 3.

- Ä BRILHA, J. (2006) - Proposta metodológica para uma estratégia de geoconservação; Livro de resumos do VII Congresso Nacional de Geologia, J. Mirão e A. Balbino (Coord.), Estremoz, 925-927
- Ä BRUM DA SILVEIRA, A.; CANHA, E.; MADEIRA, J.; RAMALHO, R.; FONSECA, P.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. (2006) - Património Geológico da Ilha da Madeira. O Cone de Piroclastos da Sr.^a da Piedade (Ponta de S. Lourenço, Ilha da Madeira, *IV Jornadas Internacionais de vulcanologia da Ilha do Pico, Açores.*
- Ä CABRAL, J.; PENA, A. (1997) - *Roteiros da Natureza, Região Autónoma da Madeira* - Temas e Debates, Edição n.º 2898.
- Ä CARVALHO, A.; (1999) - Geomonumentos, uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do Património Natural. Liga dos Amigos de Conimbriga; Lisboa.
- Ä CARVALHO, G.; BRANDÃO, J. (1991) - Geologia do Arquipélago da Madeira; Museu nacional de História Natural (Mineralogia e Geologia), Universidade de Lisboa.
- Ä DIAS, G.; BRILHA, J.; ALVES, M.; PEREIRA, D.; FERREIRA, N.; MEIRELES, C; PEREIRA, P.; SIMÕES, P. (2003) - Contribuição para a valorização e divulgação do património geológico com recurso a painéis interpretativos: exemplos em áreas protegidas do NE de Portugal; *Ciências da Terra* (UNL), Lisboa, n.º esp. V, CD-ROM, pp.132-135.
- Ä ERIKSTAD, L. (1999) - A Holistic Approach to Secure geoconservation in Local Physical planning. III International Symposium PROGEO on conservation of geological heritage, Madrid 23-25 november 1999: 69-72.
- Ä FRANCIS, P.; OPPNHEIMER, C. (2004) – *Volcanoes*. Oxford. New York. 521 p.

- Ä FRAGA, A. (coord.), (2005) - *Manual para o Investigador em Turismo de Natureza; ANTE MARE - Turismo, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no Sudoeste*; Edição Vicentina. 188 p.
- Ä GRAY, M. (2004) – *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley and Sons, Chichester, England. 434 p.
- Ä MADEIRA, J. (2005) - *Geologia da Madeira – Módulo de Vulcanologia, apontamentos para o Mestrado em Ciências da Terra e da Vida*, Universidade da Madeira.
- Ä MARTI, J. M.; PUJADAS, A.; GUÀRDIA, D.; CARRERA, J. (2001) – *El vulcanisme. Guia de camp de la Zona Volcànica de la Garrotxa*. 2ª edició. Parque Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. 106 p.
- Ä NASCIMENTO, S. (1990) - *Estudo Hidrogeológico do Paúl da Serra*; Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção de grau de mestre em Geologia Económica e Aplicada; Lisboa.
- Ä NEWHALL, C.; SELF, S. (1982) - The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism; *Journal of Geophysical Research*; v. 87; p. 1231-1238.
- Ä OLIVEIRA, S. (2000) - *O Potencial Didáctico e Pedagógico de Objectos Geológicos com Valor Patrimonial – o Bajocano de Ançã e do Cabo Mondego*. Dissertação para a obtenção de grau de mestre em Geociências, na área de especialização em Ensino das Ciências Naturais. Coimbra.
- Ä PEREIRA, E. (1989) - *Ilhas de Zargo*; Academia de Ciências, Letras e Artes de São Fernando (Cadiz e Espanha) e dos institutos Genealógico brasileiro de São Paulo e Português de Arqueologia e Etnografia de Lisboa; Volume I, 4.ª edição, Funchal.

- Ä PEMBERTON, M.(documento pdf) - Conserving geodiversity, the importance of valuing our geological heritage. Tasmanian Parks and Wildlife Service. <http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/WebPages/SJON-57W4FD>.
- Ä PÓVOAS, L.; LOPES, C. (1998) - Construir uma Memória da terra para o futuro. V Congresso Nacional de Geologia, Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Tomo 84, Fasc. 2, G10-G13.
- Ä PRADA, S.; SERRALHEIRO, A. (2000) - Stratigraphy and Evolutionary Model of Madeira Island. Boletim Museu. Municipal Funchal, Bocagiana 200: 1-13.
- Ä PRADA, S.; GASPAR, M. A.; SILVA, M. O.; CRUZ, J. V.; PORTELA, M. M.; HORA, G. R. (2003) - Recursos Hídricos da Ilha da Madeira; Comun. Inst. Geol. e Mineiro; t. 90, pp.125-142.
- Ä PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. (2004) - *Understanding Earth*, pp. 113-139.
- Ä RAMALHO, M. (1991) – *Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra* – Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, t. 77, pp. 147-148.
- Ä RAMALHO, M. (2004) - Património Geológico Português – importância científica, pedagógica e sócio económica. Associação Portuguesa de Geólogos. *Geonovas* n.º 18, pp. 5 A 12.
- Ä RAMALHO, R.; MADEIRA, J.; FONSECA, P.; PRADA, S.; SERRALHEIRO, A. & RODRIGUES, C.F. (2003c). *The importance of erosive episodes in the evolution of Madeira Island – preliminary data*. II Symposium of Island Ecosystems, Funchal.
- Ä RAMALHO, R. (2004) – *Cartografia Geológica da Madeira. Estratigrafia e Tectónica do Sector a Leste de Machico*. Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. 146 p.

- Ä RAMALHO, R.; MADEIRA, J.; FONSECA, P.E.; BRUM DA SILVEIRA, A.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. F. (2005a) Tectónica da Ponta de São Lourenço, Ilha da Madeira. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, Coruña. Vol. 30, pp. 223-234.
- Ä RAMALHO, R.; BRUM DA SILVEIRA, A.; MADEIRA, J.; FONSECA, P.E.; PRADA, S.; RODRIGUES, C. F. (2005b) *Fracture pattern and structural control of Madeira Island Volcanism (Portugal)*. Volume de abstracts do International Workshop on Ocean Island Volcanism, Sal, Cabo Verde, 2 – 8 Abril 2005: p.33.
- Ä ROSI, M.; PAPALE, P.; LUPI, L.; STOPPATO, M. (2003) – *Volcanoes*. Firfly Books. Toronto. 335 p.
- Ä SILVA, C.; CACHÃO, M.; SANTOS, V.; SANTOS, A.; CARVALHO, G. (1998) – *Património paleontológico: princípios, meios e fins*, V Congresso Nacional de Geologia, Comun. Inst. Geológico Mineiro, Lisboa, 84 (2): G18-G21.
- Ä SILVA, F.; MENEZES, C. (1946) - *Elucidário Madeirense em base de dados*; Centro de Estudos de História do Atlântico, Funchal.
- Ä SCIFONI, S. (2006) – Os Diferentes Significados do Património Natural - Diálogos, DHI/PPH/UEM, v. 10, n. 3, p. 55-78.
- Ä SCHMINCKE, H. (2004) – *Volcanism*. Springer. New York. 324 p.
- Ä SIGURDSSON, H.; HOUGHTON, B.; MCNUTT, S. R.; RYMER, H.; STIX, J. (2000) – *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, San Diego, pp 1 - 1417.
- Ä UDECA, A. C. (2000) - *Patrimonio Geológico; diagnóstico, clasificación y valoración*. In: *Jornadas sobre Património Geológico y Desarrollo Sostenible*, J. P. Suárez – Valgrande (Coord.), Soria, 22-24 Septiembre 1999, Serie Monografias, Ministerio de Medio Ambiente, España.

Ä WYLLIE, P. (1995) - *A Terra, Nova Geologia Global*; 3.^a edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Legislação consultada

Ä Decreto Legislativo Regional n.º 24/2004/M de 28 de Agosto.

Ä Recommendation Rec(2004)3 - On conservation of the geological heritage and areas of special geological interest, *in* Brilha, 2005.

Ä Lei de Bases do Ambiente n.º 11/87 de 7 de Abril.

Ä Decreto Lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro.

Ä Resolução de Conselho de Ministros n.º 38/95 de 21 de Abril.

Ä Resolução de Conselho de Ministros n.º 152/2001 de 11 de Outubro.

Ä Decreto Lei n.º 107/2001 de 8 de Setembro.

Ä Decreto Lei Regional n.º 21/93/A de 23 de Janeiro.

Ä Decreto Lei Regional n.º 3/2005/A

Ä Decreto Lei Regional n.º 4/2005/A

Ä Decreto Lei Regional n.º 6/2005/A

Sites consultados

Ä <http://www.terraemarsolucoes.com.br/atuacao/geoturismo.asp>

Ä <http://www.torredoganiera.it/td/it/geoturismo.htm>

Ä <http://www.isla.pt/isla/PosGraduacoes/Ecoturismo/Apresentacao/apresecoturismo.htm>

Ä <http://www.ucem.edu.ni/perfiles/managua/geoturismo.htm>

Ä <http://www.triplov.com/galopim/tempo.html>

Ä http://www.e_geo.ineti.pt/dbds/lexico_geologico/

Ä <http://www.swisseduc.ch/>

Ä <http://www.lindahall.org>

Ä <http://www.corpusetampoais.com>

Ä <http://www.wikipedia.org>

Ä <http://www.geocities.com>

Ä <http://www.mantleplumes.org/>

Ä <http://www.mrsciguy.com/>

Ä <http://www.cientic.com>

Ä <http://www.core2.gstc.nasa.gov/>

- Ä <http://www.volcanoes.usgs.gov/>
- Ä <http://www.geo.mute.edu/>
- Ä <http://www.solarviews.com/>
- Ä <http://www.whc.unesco.org/en/about/>
- Ä <http://www.progeo.pt/jornais/madeira1.htm>
- Ä <http://www.progeo.pt/legisla.htm>
- Ä <http://www.progeo.pt/inventario.htm>
- Ä <http://www.progeo.pt/categorias.htm>
- Ä <http://www.geopor.pt/progeo>
- Ä [http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=1942\\$op=all](http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=1942$op=all)
- Ä <http://www.jornaldamadeira.pt/not2005.php?Seccao=14&id=41045>
- Ä <http://www.lgaps.org/report.pdf>
- Ä <http://www.pnm.pt>
- Ä <http://www.durham.gov.uk/landscape/usp.nsf/pws/Landscape++Landscape+Strategy++Broad+Issues++Geodiversity>
- Ä <http://www.qpa.org/pdf/qtoday13.pdf>
- Ä <http://www.geoconservation.com/EHWH/geodiversity.htm>

- Ä <http://www.devon.uk/index/environment/naturalenvironment/geology/geodiversity-2.htm>
- Ä <http://www.rpdc.tas.gov.au/soer/recommendation/1157index.php>
- Ä <http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/WebPages/SJON-57W4FD?open>
- Ä http://www.agiweb.org/geotimes/june03/feature_europe.html#
- Ä <http://www.geoconservation.com/EHWH/index.htm>
- Ä <http://www.ceha-madeira.net/ecologia/54.htm>
- Ä http://www.sra.pt/dramb/plano_ambiente/prpa_caracterizacao/caract_files/pastoricia2.htm
- Ä http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LN_3225_1_0001.htm
- Ä http://www.georoteiros.pt/georoteiros/apagina/A_licoesdetalhe.aspx?IDlicao=19&capitulo=36&pLetra=&ACTIVO=%200&TITULO=&TIPO_tema=&lista=4
- Ä <http://www.dct.uminho.pt/docs/matrec/5.pdf>
- Ä <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rocha%C3%ADgnea>
- Ä <http://www.uac.pt/~jcnunes/Tese/capitulos/6.htm>
- Ä <http://volcanoes.usgs.gov/Products/Pglossary/vei.html>
- Ä <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultCategoryViewOne.asp?categoryId=633>

ANEXO I

Decreto Legislativo Regional n.º 24/2004/M de 28 de Agosto

Decreto Legislativo Regional n.º 24/2004/M**Define os objectivos para a conservação e preservação do património geológico da Região Autónoma da Madeira**

O património geológico é constituído por todos os recursos naturais não renováveis, tais como formações rochosas, acumulações sedimentares, formas, paisagens, caracteres paleontológicos ou colecções de objectos geológicos de valor científico, cultural, educativo e de interesse paisagístico ou recreativo.

A sua exploração e conhecimento são especialmente adequados para reconhecer, estudar e interpretar a evolução da história geológica que modelou a Terra.

A inventariação, a catalogação, a divulgação e a protecção do património geológico é de vital importância. Para além da sua degradação quase sempre irreversível, o seu conhecimento cuidado é considerado como uma característica dos países culturalmente avançados, constituindo parte fundamental do seu património cultural.

Na elaboração de um inventário para a classificação e catalogação do património geológico, é necessário o estabelecimento de uma série de critérios, nomeadamente o valor alto, médio, baixo, o interesse do ponto de vista científico, didáctico e turístico e ainda a representatividade no âmbito nacional, regional ou local.

O património geológico deve ser salvaguardado, mas também estudado e valorizado. Deve promover-se a acção científica, pedagógica e cultural por todos os intervenientes, de modo a garantir o retorno em termos de benefício científico, cultural e social, bem como assegurar a sua transmissão às gerações futuras.

Na Região Autónoma da Madeira, um dos exemplos mais conhecidos é o «Homem em pé», localizado na Achada do Teixeira, no concelho de Santana, que se encontra a uma altitude de aproximadamente 1590 m, resultado da acção conjugada de agentes erosivos naturais, particularmente a chuva e o vento, que fizeram surgir a forma humanóide evidenciada pelo dique. Este tipo de expressões naturais registadas na rocha, vulgar pedra, é designado no arquipélago por «pedras vivas». Neste caso particular, são pedras antropoglifitas, correspondentes a figuras de seres humanos.

Há muitos outros exemplos, tais como o «Arco» e as «Furnas» em basalto, na Tábua, o «Ilhéu» da ribeira da Janela, a «Gruta do cavalum», em Machico, as «Grutas», em São Vicente, o «Frade», no Vale de São Vicente, a «Cara», na Achada do Teixeira, a «Chaminé» e a «Carapita», no Vale da Boaventura, e o «Pico da Ana Ferreira», em Porto Santo.

Alguns dos critérios de valor intrínseco a estas estruturas são a sua raridade, a sua utilidade como modelo para ilustrar processos geológicos, a erosão diferencial e o seu estado de conservação. Os critérios relacionados com a sua possibilidade de uso passam por actividades a realizar ao nível científico, didáctico, turístico e recreativo.

A necessidade de protecção prende-se com a sua fragilidade, vulnerabilidade intrínseca muito susceptível aos agentes erosivos, como sejam a chuva, o vento e os animais.

A melhor maneira de preservar um bem patrimonial comum é fomentar o seu acesso científico, cultural e pedagógico a todos os que possam e queiram usufruir, pelo que urge criar legislação de âmbito regional para assegurar a sua conservação e preservação.

Assim:

A Assembleia Legislativa Regional da Madeira decreta, nos termos das alíneas a) e g) do n.º 1 do

artigo 227.º e da alínea d) do artigo 228.º da Constituição da República Portuguesa, das alíneas c) e f) do n.º 1 do artigo 37.º e da alínea pp) do artigo 40.º do Estatuto Político-Administrativo da Região Autónoma da Madeira, aprovado pela Lei n.º 13/91, de 5 de Junho, revisto e alterado pelas Leis n.ºs 130/99, de 21 de Agosto, e 12/2000, de 21 de Junho, o seguinte:

Artigo 1.º**Objecto**

O presente diploma define os objectivos da conservação e preservação do património geológico da Região Autónoma da Madeira.

Artigo 2.º**Objectivos**

São objectivos da conservação e preservação do património geológico:

- Promover uma política de conservação e preservação do património geológico;
- Identificar, inventariar, classificar, documentar e divulgar os locais de interesse geológico;
- Promover o conhecimento do património geológico, através da investigação, do estudo e da formação e informação dos recursos existentes;
- Promover a sensibilização da comunidade para a importância e relevância do património geológico;
- Definir as áreas de intervenção e os modos de actuação;
- Promover a defesa dos recursos naturais em articulação com o desenvolvimento de actividades económicas, tais como o ecoturismo e o turismo de natureza.

Artigo 3.º**Competência**

Compete à secretaria regional responsável pela área do ambiente promover todas as medidas para assegurar a concretização dos objectivos da conservação e preservação do património geológico da Região Autónoma da Madeira.

Artigo 4.º**Infracções**

Constituem infracções contra o património geológico os seguintes actos:

- A exploração de recursos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;
- A alteração da morfologia do terreno nas áreas envolventes que afecte de forma irreversível o elemento geológico classificado;
- A extracção de materiais, a colheita de quaisquer espécies vegetais e fungos, no elemento geológico classificado e na área envolvente sem prévia autorização da entidade competente;
- Os aterros e o depósito de resíduos de qualquer tipo em áreas envolventes aos elementos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;

- e) A captura ou abate de animais que coexistam com o elemento geológico classificado;
- f) A construção de edificações que afectem de forma irreversível os elementos geológicos classificados;
- g) A prática de pastorícia e as pastagens que alterem de forma irreversível os elementos geológicos classificados;
- h) A prática de actividades lúdicas e desportivas que alterem a forma e substância dos elementos geológicos classificados sem prévia autorização da entidade competente;
- i) A realização de fogueiras e queimadas, nas áreas envolventes, em prejuízo dos elementos geológicos classificados.

Artigo 5.º**Contra-ordenações**

1 — As infracções previstas nas alíneas a) a i) do artigo anterior constituem contra-ordenação, punível com coima aplicável às pessoas singulares no valor mínimo de € 50 até o máximo de € 3700.

2 — As coimas aplicáveis às pessoas colectivas poderão elevar-se ao montante máximo de € 44 000.

3 — A negligência e a tentativa são puníveis até metade do montante máximo previsto nos números anteriores.

4 — Em caso de reincidência, os limites mínimo e máximo das coimas mencionadas neste artigo serão sempre elevados para o dobro.

5 — Acessoriamente à aplicação das coimas, pode ser determinada a perda dos materiais extraídos, bem como dos equipamentos utilizados, que serviram ou estavam destinados a servir para a prática da contra-ordenação.

Artigo 6.º**Receitas**

Constitui receita do organismo responsável o produto proveniente da aplicação das coimas, de eventuais rendas de materiais extraídos, bem como quaisquer outros equipamentos declarados perdidos.

Artigo 7.º**Competência**

A aplicação das coimas e sanções acessórias a que se refere o presente diploma cabe ao organismo responsável.

Artigo 8.º**Direito subsidiário**

Em tudo o que não for contrário ao presente diploma aplicar-se-á subsidiariamente o estabelecido no regime geral das contra-ordenações, nomeadamente o estabelecido no Decreto-Lei n.º 433/82, de 27 de Outubro, com as alterações que lhe foram introduzidas pelos Decretos-Leis n.ºs 356/89, de 17 de Outubro, e 244/95, de 14 de Setembro, e pela Lei n.º 109/2001, de 24 de Dezembro.

Artigo 9.º**Actualização das coimas**

1 — O montante das coimas previsto no presente diploma pode ser actualizado por decreto regulamentar regional.

2 — Os montantes máximos das coimas não podem exceder o valor previsto no regime geral das contra-ordenações.

Artigo 10.º**Regulamentação**

A regulamentação necessária à aplicação do presente diploma, a aprovar no prazo de 90 dias a contar da data de entrada em vigor, terá a forma de decreto regulamentar regional.

Artigo 11.º**Entrada em vigor**

O presente diploma entra em vigor no dia seguinte ao da sua publicação.

Aprovado em sessão plenária da Assembleia Legislativa Regional da Madeira em 14 de Julho de 2004.

O Presidente da Assembleia Legislativa Regional,
José Miguel Jardim d'Oliveira Mendonça.

Assinado em 26 de Julho de 2004.

Publique-se.

O Ministro da República para a Região Autónoma da Madeira, *Antero Alves Monteiro Diniz.*

Decreto Legislativo Regional n.º 25/2004/M

Altera e republica o Decreto Legislativo Regional n.º 14/91/M, de 18 de Junho, que aprova a orgânica do Instituto do Bordado, Tapeçarias e Artesanato da Madeira, com as alterações introduzidas pelo Decreto Regulamentar Regional n.º 20/2001/M, de 30 de Agosto.

A actual orgânica do Instituto do Bordado, Tapeçarias e Artesanato da Madeira (IBTAM), aprovada pelo Decreto Legislativo Regional n.º 14/91/M, de 18 de Junho, com as alterações introduzidas pelo Decreto Regulamentar Regional n.º 20/2001/M, de 30 de Agosto, carece de adaptação à situação decorrente da publicação do Decreto-Lei n.º 110/2002, de 16 de Abril, que alterou e republicou o estatuto do artesão e da unidade produtiva artesanal constante do Decreto-Lei n.º 41/2001, de 9 de Fevereiro, e do Decreto Legislativo Regional n.º 16/2003/M, de 18 de Julho, que regula especificamente a actividade artesanal da obra de vimes na Região Autónoma da Madeira, por forma a salvaguardar o bom funcionamento dos serviços.

Em conformidade com as recentes alterações legislativas nas áreas relacionadas com o estatuto do artesão e, especificamente, com a actividade artesanal da obra de vimes na Região Autónoma da Madeira, de que se destaca a publicação do citado Decreto Legislativo Regional n.º 16/2003/M, de 18 de Julho, ao que acrescem as necessidades decorrentes da actualização e adequação ao mercado actual do sector, nas áreas do *marketing*

ANEXO II

Decreto Legislativo n.º 19/93 de 23 de Janeiro

das seguradoras ao prémio suplementar que for devido, cuja cobrança deverá ser efectuada até ao termo da respectiva anuidade em curso.

Art. 3.º É revogado o Decreto-Lei n.º 394/87, de 31 de Dezembro.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 10 de Dezembro de 1992. — *Aníbal António Cavaco Silva* — *Jorge Braga de Macedo* — *Álvaro José Brihante Laborinho Lúcio*.

Promulgado em 6 de Janeiro de 1993.

Publique-se.

O Presidente da República, MÁRIO SOARES.

Referendado em 8 de Janeiro de 1993.

O Primeiro-Ministro, *Aníbal António Cavaco Silva*.

MINISTÉRIO DOS NEGÓCIOS ESTRANGEIROS

Direcção-Geral dos Negócios Político-Económicos

Aviso n.º 18/93

Por ordem superior se torna público ter o Governo do Azerbaijão depositado junto do Secretário-Geral das Nações Unidas, em 25 de Setembro de 1992, o instrumento de adesão à Convenção sobre os Direitos da Criança, adoptada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 20 de Novembro de 1989.

Direcção-Geral dos Negócios Político-Económicos, 22 de Dezembro de 1992. — O Director de Serviços dos Assuntos Multilaterais, *António Nunes de Carvalho Santana Carlos*.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS

Decreto-Lei n.º 19/93

de 23 de Janeiro

Com a Lei n.º 9/70, de 19 de Junho, que introduziu na nossa ordem jurídica as noções de parque nacional e reserva, teve início o acompanhamento da evolução internacional de protecção da Natureza, através da classificação das áreas mais representativas do património natural.

Ao abrigo dessa lei criou-se o Parque Nacional da Peneda-Gerês e várias reservas foram instituídas.

O ponto de vista de protecção da Natureza veio, entretanto, a beneficiar de um apreciável alargamento com o surgir do Decreto-Lei n.º 613/76, de 27 de Julho, pois àquele se juntou então, como factor de influência na classificação das áreas a proteger, o seu valor estético e cultural.

Com a publicação da Lei n.º 11/87, de 7 de Abril — Lei de Bases do Ambiente —, a par da manutenção das áreas protegidas de âmbito nacional, consagram-se no nosso sistema jurídico os conceitos de área protegida de âmbito regional e local, consoante os interesses que procuram salvaguardar, o que releva na iniciativa da classificação, regulamentação e gestão das mesmas.

Com efeito, a gestão daquelas áreas passa a ser cometida às autarquias locais ou às associações de municípios.

Prevê-se ainda a possibilidade de, a requerimento dos próprios proprietários interessados, serem criadas áreas protegidas de estatuto privado, que se convencionou designar «sítio de interesse biológico», com o objectivo de proteger espécies da fauna e da flora selvagem e respectivos *habitats* naturais com interesse ecológico e científico.

Foram ouvidas a Associação Nacional dos Municípios Portugueses e as associações de defesa do ambiente.

Assim:

No desenvolvimento do regime jurídico estabelecido pela Lei n.º 11/87, de 7 de Abril, e nos termos da alínea c) do n.º 1 do artigo 201.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

CAPÍTULO I

Disposições gerais

Artigo 1.º

Princípios gerais

1 — A conservação da Natureza, a protecção dos espaços naturais e das paisagens, a preservação das espécies da fauna e da flora e dos seus *habitats* naturais, a manutenção dos equilíbrios ecológicos e a protecção dos recursos naturais contra todas as formas de degradação constituem objectivos de interesse público, a prosseguir mediante a implementação e regulamentação de um sistema nacional de áreas protegidas.

2 — Devem ser classificadas como áreas protegidas as áreas terrestres e as águas interiores e marítimas em que a fauna, a flora, a paisagem, os ecossistemas ou outras ocorrências naturais apresentem, pela sua raridade, valor ecológico ou paisagístico, importância científica, cultural e social, uma relevância especial que exija medidas específicas de conservação e gestão, em ordem a promover a gestão racional dos recursos naturais, a valorização do património natural e construído, regulamentando as intervenções artificiais susceptíveis de as degradar.

3 — A classificação de áreas protegidas pode abranger o domínio público e o domínio privado do Estado, a zona económica exclusiva e, em geral, quaisquer bens imóveis.

Artigo 2.º

Rede Nacional de Áreas Protegidas

1 — A Rede Nacional de Áreas Protegidas é constituída pelas áreas protegidas especificadas ao abrigo do presente diploma.

2 — As áreas protegidas são de interesse nacional, regional ou local, consoante os interesses que procuram salvaguardar.

3 — As áreas protegidas de interesse nacional classificam-se nas seguintes categorias:

- a) Parque nacional;
- b) Reserva natural;
- c) Parque natural;
- d) Monumento natural.

4 — Classificam-se como paisagem protegida as áreas protegidas de interesse regional ou local.

5 — Podem ainda ser classificadas áreas protegidas de estatuto privado, designadas «sítio de interesse biológico».

6 — Compete ao Serviço Nacional de Parques, Reserva e Conservação da Natureza, adiante designado por SNPRCN, assegurar a coordenação e a representação internacional em matéria de áreas protegidas, nomeadamente junto das instituições comunitárias.

Artigo 3.º

Objectivos

A classificação de áreas protegidas visa a prossecução dos seguintes objectivos:

- a) A preservação das espécies animais e vegetais e dos *habitats* naturais que apresentem características peculiares, quer pela sua raridade e valor científico, quer por se encontrarem em vias de extinção;
- b) A reconstituição das populações animais e vegetais e a recuperação dos *habitats* naturais das respectivas espécies;
- c) A preservação de biótopos e de formações geológicas, geomorfológicas ou espeleológicas notáveis;
- d) A preservação ou recuperação dos *habitats* da fauna migratória;
- e) A investigação científica indispensável ao desenvolvimento dos conhecimentos humanos e o estudo e a interpretação de valores naturais, fornecendo elementos para a melhor compreensão dos fenómenos da biosfera;
- f) A preservação dos sítios que apresentem um interesse especial e relevante para o estudo da evolução da vida selvagem;
- g) A protecção e a valorização das paisagens que, pela sua diversidade e harmonia, apresentem interesses cénicos e estéticos dignos de protecção;
- h) O estabelecimento de reservas genéticas, garantindo a perenidade de todo o potencial genético, animal e vegetal;
- i) A promoção do desenvolvimento sustentado da região, valorizando a interacção entre as componentes ambientais naturais e humanas e promovendo a qualidade da vida das populações;
- j) A valorização de actividades culturais e económicas tradicionais, assente na protecção e gestão racional do património natural.

Artigo 4.º

Gestão das áreas protegidas

1 — As áreas protegidas de interesse nacional são geridas pelo SNPRCN.

2 — As áreas protegidas de interesse regional ou local são geridas pelas respectivas autarquias locais ou associações de municípios.

3 — O SNPRCN pode cometer a gestão de uma área protegida de âmbito nacional às delegações regionais do Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, mediante protocolo a celebrar com as mesmas, o qual é submetido a aprovação do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais.

Artigo 5.º

Parque nacional

1 — Entende-se por parque nacional uma área que contenha um ou vários ecossistemas inalterados ou pouco alterados pela intervenção humana, integrando amostras representativas de regiões naturais características, de paisagens naturais e humanizadas, de espécies vegetais e animais, de locais geomorfológicos ou de *habitats* de espécies com interesse ecológico, científico e educacional.

2 — A classificação de um parque nacional tem por efeito possibilitar a adopção de medidas que permitam a protecção da integridade ecológica dos ecossistemas e que evitem a exploração ou ocupação intensiva dos recursos naturais.

Artigo 6.º

Reserva natural

1 — Entende-se por reserva natural uma área destinada à protecção de *habitats* da flora e da fauna.

2 — A classificação de uma reserva natural tem por efeito possibilitar a adopção de medidas que permitam assegurar as condições naturais necessárias à estabilidade ou à sobrevivência de espécies, grupos de espécies, comunidades bióticas ou aspectos físicos do ambiente, quando estes requerem a intervenção humana para a sua perpetuação.

Artigo 7.º

Parque natural

1 — Entende-se por parque natural uma área que se caracteriza por conter paisagens naturais, seminaturais e humanizadas, de interesse nacional, sendo exemplo da integração harmoniosa da actividade humana e da Natureza e que apresenta amostras de um bioma ou região natural.

2 — A classificação de um parque natural tem por efeito possibilitar a adopção de medidas que permitam a manutenção e valorização das características das paisagens naturais e seminaturais e a diversidade ecológica.

Artigo 8.º

Monumento natural

Entende-se por monumento natural uma ocorrência natural contendo um ou mais aspectos que, pela sua singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos, científicos e culturais, exigem a sua conservação e a manutenção da sua integridade.

Artigo 9.º

Paisagem protegida

1 — Entende-se por paisagem protegida uma área com paisagens naturais, seminaturais e humanizadas, de interesse regional ou local, resultantes da interacção harmoniosa do homem e da Natureza que evidencia grande valor estético ou natural.

2 — A classificação de uma paisagem protegida tem por efeito possibilitar a adopção de medidas que, a ní-

vel regional ou local, permitam a manutenção e valorização das características das paisagens naturais e seminaturais e a diversidade ecológica.

Artigo 10.º

Sítio de interesse biológico

A requerimento dos proprietários interessados, podem ser classificadas áreas protegidas de estatuto privado, designadas «sítio de interesse biológico», com o objectivo de proteger espécies da fauna e da flora selvagem e respectivos *habitats* naturais com interesse ecológico ou científico.

Artigo 11.º

Reservas integrais

1 — Nas áreas protegidas podem ser demarcadas zonas de protecção integral denominadas «reservas integrais».

2 — As reservas integrais são espaços que têm por objectivo a manutenção dos processos naturais em estado imperturbável e a preservação de exemplos ecológicamente representativos num estado dinâmico e evolutivo e em que a presença humana só é admitida por razões de investigação científica ou monitorização ambiental.

3 — Uma vez demarcadas as reservas integrais previstas no n.º 1 do presente artigo, ficam as áreas em causa sujeitas a expropriação nos termos da lei.

CAPÍTULO II

Áreas protegidas de âmbito nacional

SECÇÃO I

Classificação

Artigo 12.º

Proposta de classificação de áreas protegidas

1 — Quaisquer entidades públicas ou privadas, designadamente autarquias locais e associações de defesa do ambiente, podem propor a classificação de áreas protegidas.

2 — A proposta de classificação deve ser acompanhada dos seguintes elementos:

- Caracterização da área sob os aspectos geográficos, biofísicos, paisagísticos e sócio-económicos;
- Justificação da necessidade de classificação da área protegida, que inclui obrigatoriamente uma avaliação qualitativa e quantitativa do património natural existente e as razões que impõem a sua conservação e protecção;
- Tipo de área protegida considerado mais adequado aos objectivos de conservação visados.

3 — As propostas de classificação são apresentadas ao SNPRCN, que procede à sua apreciação técnica.

4 — Compete ao SNPRCN propor ao Ministro do Ambiente e Recursos Naturais, por sua iniciativa ou no seguimento de propostas de outras entidades, a classificação das áreas protegidas.

Artigo 13.º

Classificação de áreas protegidas

1 — A classificação de áreas protegidas é feita por decreto regulamentar, que define:

- O tipo e delimitação geográfica da área e seus objectivos específicos;
- Os actos e actividades condicionados ou proibidos;
- Os órgãos, sua composição, forma de designação dos respectivos titulares e regras básicas de funcionamento;
- O prazo de elaboração do plano de ordenamento e respectivo regulamento.

2 — A classificação caduca pelo não cumprimento do prazo referido na alínea *d*) do n.º 1.

3 — A classificação de áreas protegidas é obrigatoriamente precedida de inquérito público e audição das autarquias locais e dos ministérios competentes.

4 — O inquérito público previsto no número anterior consiste na recolha de observações sobre a classificação da área como área protegida, sendo aberto através de editais nos locais de estilo e de aviso publicado em dois dos jornais mais lidos no concelho, um dos quais de âmbito nacional.

5 — Nos avisos e editais referidos no número anterior indica-se o período do inquérito, que não deve exceder 30 dias, e a forma como os interessados devem apresentar as suas observações e sugestões.

6 — O decreto regulamentar de classificação de uma área protegida pode fixar condicionamentos ao uso, ocupação e transformação do solo, bem como interditar, ou condicionar a autorização dos respectivos órgãos directivos no interior da área protegida, as acções e actividades susceptíveis de prejudicar o desenvolvimento natural da fauna ou da flora ou as características da área protegida, nomeadamente a introdução de espécies animais ou vegetais exóticas, as quais, quando destinadas a fins agro-pecuários, devem ser expressamente identificadas, as actividades agrícolas, florestais, industriais, mineiras, comerciais ou publicitárias, a execução de obras ou empreendimentos públicos ou privados, a extracção de materiais inertes, a utilização das águas, a circulação de pessoas e bens e o sobrevoo de aeronaves.

SECÇÃO II

Plano de ordenamento

Artigo 14.º

Plano de ordenamento

1 — O parque nacional, a reserva natural e o parque natural dispõem obrigatoriamente de um plano de ordenamento e respectivo regulamento, que é aprovado por decreto regulamentar.

2 — Com a publicação do decreto regulamentar referido no n.º 1 são revogadas as disposições relativas a actos e actividades proibidas ou condicionadas previstas no decreto regulamentar de classificação.

Artigo 15.º

Tramitação do plano de ordenamento

1 — A elaboração do plano de ordenamento compete ao SNPRCN.

2 — A elaboração do plano de ordenamento é acompanhada por uma comissão constituída por representantes dos Ministérios do Planeamento e da Administração do Território e da Agricultura e de outros cuja participação seja aconselhada pelo âmbito do plano e das autarquias locais respectivas.

3 — Quando estejam em causa o domínio público marítimo, sujeito à jurisdição do Ministério do Mar, águas territoriais e zona económica exclusiva, a comissão referida no número anterior é também constituída por representantes do Ministério do Mar.

4 — A composição da comissão é estabelecida por despacho do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais, cabendo aos ministérios nela intervenientes designar os seus representantes, a solicitação do SNPRCN.

5 — Concluída a elaboração do plano, e após a emissão de parecer final pela comissão sobre o mesmo, o SNPRCN procede à abertura de inquérito público, nos termos dos n.ºs 3 e 4 do artigo 13.º

SECÇÃO III

Estrutura orgânica

Artigo 16.º

Órgãos

1 — O parque nacional, a reserva natural e o parque natural dispõem dos seguintes órgãos:

- a) Comissão directiva;
- b) Conselho consultivo.

2 — As áreas protegidas classificadas como monumento natural são directamente administradas pelo SNPRCN.

Artigo 17.º

Comissão directiva

1 — A comissão directiva é o órgão executivo da área protegida e é composta por um presidente, equiparado, para todos os efeitos legais, a director de serviços, e dois vogais.

2 — O presidente da comissão directiva é nomeado pelo Ministro do Ambiente e Recursos Naturais, sob proposta do SNPRCN.

3 — Um dos vogais é nomeado pelo SNPRCN, em regime de destacamento ou requisição, e o outro pelas câmaras municipais com jurisdição na área.

4 — Na falta de nomeação do vogal pelas câmaras municipais no prazo que vier a ser fixado no decreto regulamentar de criação da área, o mesmo é nomeado pelo membro do Governo responsável pela área do ordenamento do território e administração local.

5 — Nas deliberações da comissão directiva o presidente exerce voto de qualidade.

6 — O mandato dos titulares da comissão directiva é de três anos.

Artigo 18.º

Competências da comissão directiva

1 — A comissão directiva compete, em geral, a administração dos interesses específicos da área protegida, executando as medidas contidas nos instrumentos de gestão e assegurando o cumprimento das normas legais e regulamentares em vigor.

2 — Compete, em especial, ao presidente da comissão directiva:

- a) Representar a área protegida;
- b) Dirigir os serviços e o pessoal com os quais a área protegida seja dotada;
- c) Submeter anualmente ao SNPRCN um relatório sobre o estado da área protegida;
- d) Fiscalizar a conformidade do exercício de actividades na área protegida com as normas do presente diploma, do decreto regulamentar de classificação e do plano de ordenamento e respectivo regulamento;
- e) Cobrar as receitas e autorizar as despesas para que seja competente.

3 — Compete, em especial, à comissão directiva:

- a) Preparar e executar planos e programas anuais e plurianuais de gestão e investimento, submetendo-os previamente à apreciação do conselho consultivo;
- b) Elaborar os relatórios anuais e plurianuais de actividades, bem como o relatório anual de contas de gerência, submetendo-os previamente à apreciação do conselho consultivo;
- c) Decidir da elaboração periódica de relatórios científicos e culturais sobre o estado da área protegida;
- d) Autorizar actos ou actividades condicionados na área protegida, tendo em atenção o plano de ordenamento e o regulamento superiormente aprovados;
- e) Tomar as medidas administrativas de reposição previstas no presente diploma;
- f) Ordenar o embargo e a demolição das obras, bem como fazer cessar outras acções realizadas em violação ao disposto no presente diploma e legislação complementar.

4 — Das deliberações dos órgãos directivos das áreas protegidas cabe recurso para o Ministro do Ambiente e Recursos Naturais.

Artigo 19.º

Conselho consultivo

1 — O conselho consultivo é um órgão de natureza consultiva, que integra:

- a) Representantes designados pelas instituições científicas e especialistas de mérito comprovado nos domínios da conservação do património natural e dos valores e objectivos próprios da área protegida;
- b) Representantes designados pelos serviços da administração central, câmaras municipais, juntas de freguesia e associações de defesa do ambiente e do património construído.

2 — O conselho consultivo pode funcionar em plenário ou por secções.

3 — O conselho consultivo tem a composição que lhe for fixada no decreto regulamentar de classificação da respectiva área protegida e dispõe de um máximo de 15 elementos.

Artigo 20.º

Competências do conselho consultivo

1 — Ao conselho consultivo compete, em geral, a apreciação das actividades desenvolvidas na área protegida.

2 — Compete, em especial, ao conselho consultivo:

- a) Eleger o respectivo presidente e aprovar o regulamento interno de funcionamento;
- b) Apreciar as propostas de planos e os programas anuais e plurianuais de gestão e investimento;
- c) Apreciar os relatórios anuais e plurianuais de actividades, bem como o relatório anual de contas de gerência;
- d) Apreciar os relatórios científicos e culturais sobre o estado da área protegida;
- e) Dar parecer sobre qualquer assunto com interesse para a área protegida.

SECÇÃO IV

Fiscalização e contra-ordenações

Artigo 21.º

Fiscalização

1 — As funções de fiscalização, para efeitos do presente diploma e legislação complementar, competem ao SNPRCN e às autarquias locais.

2 — As funções de fiscalização previstas no número anterior competem igualmente à Guarda Fiscal, à Guarda Nacional Republicana e às demais autoridades policiais.

3 — O disposto no presente artigo não prejudica o exercício dos poderes de fiscalização e polícia que em razão da matéria competem às demais autoridades públicas, nomeadamente marítimas e portuárias.

Artigo 22.º

Contra-ordenações

1 — Constitui contra-ordenação a prática dos actos e actividades seguintes, quando interdidos ou condicionados, nos termos do n.º 6 do artigo 13.º ou nos termos do plano de ordenamento e respectivo regulamento previstos no artigo 14.º:

- a) Realização de obras de construção civil, designadamente novos edifícios e reconstrução, ampliação ou demolição de edificações, salvo tratando-se de obras de simples conservação, restauro, reparação ou limpeza;
- b) Alteração do uso actual dos terrenos, das zonas húmidas ou marinhas;
- c) Alterações à morfologia do solo, nomeadamente modificações do coberto vegetal, escavações, aterros, depósitos de sucata, areias ou outros resíduos sólidos que causem impacto visual negativo ou poluam o solo ou o ar;
- d) Alterações da configuração e topologia das zonas lagunares ou marinhas;

e) Abertura de novas vias de comunicação ou acesso, bem como alargamento das já existentes;

f) Lançamento de águas residuais industriais ou de uso doméstico, susceptíveis de causarem poluição;

g) Instalação de novas linhas aéreas eléctricas ou telefónicas, tubagens de gás natural e condutas de água ou de saneamento;

h) Colheita ou detenção de exemplares de quaisquer espécies vegetais ou animais sujeitas a medidas de protecção;

i) Introdução de espécies zoológicas e botânicas exóticas ou estranhas ao ambiente;

j) Prática de actividades desportivas susceptíveis de provocarem poluição ou ruído ou de deteriorarem os factores naturais da área, nomeadamente a motonáutica, o *motocross* e os *raids* de veículos todo o terreno;

l) Sobrevoos de aeronaves com motor abaixo de 1000 pés.

2 — As contra-ordenações previstas no número anterior são punidas com coimas de:

- a) 5000\$ a 500 000\$, no caso de pessoas singulares;
- b) 200 000\$ a 6 000 000\$, no caso de pessoas colectivas.

3 — A tentativa e a negligência são puníveis.

Artigo 23.º

Sanções acessórias

As contra-ordenações previstas no n.º 1 do artigo anterior podem ainda determinar, quando a gravidade da infracção o justifique, a aplicação das seguintes sanções acessórias:

- a) A apreensão dos objectos pertencentes ao agente que tenham sido utilizados como instrumento na prática da infracção;
- b) A privação do direito a subsídios outorgados por entidades ou serviços públicos;
- c) A interdição do exercício de actividade por um período máximo de dois anos.

Artigo 24.º

Processos de contra-ordenação e aplicação de coimas e sanções acessórias

1 — O processamento das contra-ordenações e a aplicação das coimas e sanções acessórias compete à comissão directiva da área protegida.

2 — Nos casos previstos nas alíneas a) a g) do n.º 1 do artigo 22.º, têm também competência para o processamento das contra-ordenações e a aplicação das coimas e sanções acessórias as autarquias locais.

3 — No caso referido no número anterior, o início do processamento da contra-ordenação implica, imediata e obrigatoriamente, a notificação da outra entidade igualmente competente.

4 — A competência para o processamento das contra-ordenações e a aplicação das respectivas coimas e sanções acessórias relativamente às infracções praticadas em zonas da área protegida sujeitas à jurisdição marítima cabe ao capitão do porto territorialmente competente, caso em que os autos de notícia, partici-

pações e denúncias lhe são enviados, com recurso para os tribunais marítimos.

5 — A afectação do produto das coimas faz-se da seguinte forma:

- a) 60% para o Estado;
- b) 40% para o SNPRCN, constituindo receita própria.

6 — Exceptuam-se do disposto na alínea b) do número anterior os casos em que as coimas sejam aplicadas pelas entidades referidas nos n.ºs 2 e 4, nos quais 20% do seu produto constitui receita destas e 20% receita do SNPRCN.

Artigo 25.º

Reposição da situação anterior à infracção

1 — A comissão directiva de uma área protegida pode ordenar que se proceda à reposição da situação anterior à infracção, fixando-lhe concretamente os trabalhos ou acções que deva realizar e o respectivo prazo para execução.

2 — A ordem de reposição é antecedida de audição do infractor, que dispõe de 15 dias a contar da data da sua notificação para se pronunciar sobre o conteúdo da mesma.

3 — Decorrido o prazo referido no n.º 1 sem que a ordem de reposição se mostre cumprida, o SNPRCN procede, a solicitação da comissão directiva da área protegida, aos trabalhos e acções necessários à reposição da situação anterior, por conta do infractor.

4 — As despesas realizadas por força do número anterior, quando não forem pagas voluntariamente pelo infractor no prazo de 20 dias a contar da sua notificação, são cobradas judicialmente, servindo de título executivo a certidão passada pelo SNPRCN comprovativa das quantias despendidas.

CAPÍTULO III

Áreas protegidas de âmbito regional e local

Artigo 26.º

Proposta de classificação

1 — As autarquias locais e as associações de municípios podem propor a classificação de áreas de paisagem protegida.

2 — A proposta de classificação deve ser acompanhada dos seguintes elementos comprovativos:

- a) Encontrar-se previsto no plano director municipal para a área em causa um regime de protecção compatível com o estatuto de uma área de paisagem protegida;
- b) A área objecto de eventual classificação coincidir com área da reserva ecológica nacional;
- c) Avaliação qualitativa e quantitativa do património natural existente na área em causa que justifique a sua classificação.

3 — As propostas de classificação são apresentadas ao SNPRCN, que procede à sua apreciação técnica.

Artigo 27.º

Classificação

1 — Compete ao SNPRCN propor ao Ministro do Ambiente e Recursos Naturais a classificação da área

de paisagem protegida, a qual é feita por decreto regulamentar.

2 — O decreto regulamentar referido no número anterior define:

- a) A delimitação geográfica da área;
- b) O prazo máximo de elaboração do plano de ordenamento e respectivo regulamento;
- c) A fixação do órgão de gestão e da entidade competente para a aplicação de coimas.

3 — A classificação caduca pelo não cumprimento do prazo referido na alínea b) do número anterior.

Artigo 28.º

Plano de ordenamento

1 — A paisagem protegida dispõe obrigatoriamente de um plano de ordenamento e respectivo regulamento.

2 — O plano de ordenamento é equiparado, com as devidas adaptações, a um plano de pormenor, sendo-lhe aplicável as disposições legais, com excepção dos n.ºs 2, 5 e 6 do artigo 10.º, previstos no Decreto-Lei n.º 69/90, de 2 de Março.

3 — O plano de ordenamento define a política de salvaguarda e conservação que se pretende instituir, dispondo, designadamente, sobre os usos do solo, e condições de alteração dos mesmos, hierarquizados de acordo com os valores do património natural em causa.

4 — Concluída a elaboração do plano de ordenamento, e após emissão de parecer final pelo SNPRCN, é submetido a aprovação por despacho conjunto dos Ministros do Planeamento e da Administração do Território, da Agricultura e do Ambiente e Recursos Naturais.

Artigo 29.º

Contratos-programa

1 — Podem ser celebrados contratos-programa e acordos de colaboração entre o Ministério do Ambiente e Recursos Naturais e as autarquias locais, tendo por objecto a realização de investimentos e a participação nas despesas de funcionamento das áreas de paisagem protegida.

2 — Os contratos-programa e os acordos de colaboração regem-se pelo disposto no Decreto-Lei n.º 384/87, de 24 de Dezembro.

CAPÍTULO IV

Áreas protegidas de estatuto privado

Artigo 30.º

Proposta de classificação

A proposta de classificação do sítio de interesse biológico é instruída com os elementos referidos nas alíneas a) e b) do n.º 2 do artigo 12.º, competindo ao SNPRCN proceder à respectiva apreciação e propor ao Ministro do Ambiente e Recursos Naturais a classificação.

Artigo 31.º

Classificação

1 — A classificação do sítio de interesse biológico é feita por decreto regulamentar, que fixa a delimitação geográfica da área e as obrigações dos proprietários.

2 — As áreas protegidas classificadas ao abrigo do número anterior dispõem de um responsável técnico nomeado pelos respectivos proprietários, mediante parecer favorável do SNPRCN.

3 — A classificação de uma área como sítio de interesse biológico não confere ao proprietário quaisquer direitos ou prerrogativas especiais de autoridade.

CAPÍTULO V

Disposições transitórias e finais

Artigo 32.º

Áreas protegidas existentes

1 — A classificação feita ao abrigo da Lei n.º 9/70, de 19 de Junho, e do Decreto-Lei n.º 613/76, de 27 de Julho, bem como os respectivos diplomas de criação são revogados no momento da entrada em vigor dos decretos regulamentares que procederem à sua reclassificação, nos termos dos artigos 13.º, 27.º e 31.º

2 — Aos decretos regulamentares previstos no número anterior não se aplica o disposto no n.º 2 do artigo 12.º, no n.º 3 do artigo 13.º e nas alíneas b) e c) do n.º 2 do artigo 26.º

Artigo 33.º

Gestão de bens

Os bens do domínio público ou privado do Estado situados nas áreas protegidas de âmbito nacional e com relevância para a prossecução dos fins destas podem ser acompanhados na sua gestão pelo SNPRCN, em termos a definir, nos casos em que se justifique, por portaria conjunta dos Ministros das Finanças e do Ambiente e Recursos Naturais e do ministro competente em razão da matéria.

Artigo 34.º

Sinalização

A sinalização de identificação das áreas protegidas e de actividades condicionadas são de modelos próprios, a aprovar por portaria do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais.

Artigo 35.º

Taxas

1 — São devidas taxas pelo acesso aos terrenos incluídos em áreas protegidas de que o SNPRCN seja proprietário ou arrendatário e pela concessão de licenças para o exercício de actividades condicionadas dentro do seu perímetro.

2 — São fixados por portaria conjunta dos Ministros das Finanças e do Ambiente e Recursos Naturais os quantitativos das taxas a que se refere o número anterior.

3 — O produto das taxas previstas no presente artigo constitui receita própria do SNPRCN.

Artigo 36.º

Regiões Autónomas

O regime estabelecido no presente diploma aplica-se às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, sem prejuízo da sua adequação à especificidade regional, a introduzir por decreto legislativo regional.

Artigo 37.º

Revogação

São revogados o Decreto-Lei n.º 613/76, de 27 de Julho, e os Decretos n.ºs 4/78, de 11 de Janeiro, e 37/78, de 17 de Abril.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 13 de Agosto de 1992. — *Aníbal António Cavaco Silva* — *Mário Fernando de Campos Pinto* — *Artur Aurélio Teixeira Rodrigues Consolado* — *Joaquim Fernando Nogueira* — *Manuel Dias Loureiro* — *Jorge Braga de Macedo* — *Luís Francisco Valente de Oliveira* — *Álvaro José Brilhante Laborinho Lúcio* — *Arlindo Marques da Cunha* — *Luís Fernando Mira Amaral* — *Joaquim Martins Ferreira do Amaral* — *Fernando Manuel Barbosa Faria de Oliveira* — *Carlos Alberto Diogo Soares Borrego* — *Eduardo Eugénio Castro de Azevedo Soares*.

Promulgado em 22 de Dezembro de 1992.

Publique-se.

O Presidente da República, MÁRIO SOARES.

Referendado em 4 de Janeiro de 1993.

O Primeiro-Ministro, *Aníbal António Cavaco Silva*.

REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA REGIONAL

Decreto Legislativo Regional n.º 2/93/A

Apoios complementares a alunos do ensino secundário

Considerando o disposto no Decreto-Lei n.º 35/90, de 25 de Janeiro, aplicado à Região Autónoma dos Açores pelo Decreto Legislativo Regional n.º 18/90/A, de 8 de Novembro;

Considerando que o acesso ao ensino, no âmbito legalmente definido como obrigatório, encontra-se garantido em toda a Região;

Considerando que o ensino secundário não é ministrado em todas as ilhas, obrigando, conseqüentemente, a que os alunos, para prosseguirem os estudos, tenham de se deslocar para outra ilha;

Considerando, igualmente, que existem concelhos em que os alunos, para frequentarem os estabelecimentos de ensino, não têm possibilidades de regressar diariamente às suas residências;

Assim, a Assembleia Legislativa Regional dos Açores decreta, nos termos da alínea a) do n.º 1 do artigo 229.º da Constituição e da alínea c) do n.º 1 do artigo 32.º do Estatuto Político-Administrativo da Região Autónoma dos Açores, o seguinte:

Artigo 1.º Os alunos mais carecidos cujas famílias residem habitualmente nas ilhas onde não está implementado o ensino secundário, total ou parcialmente,

ANEXO III

Painel Interpretativo do geossítio:

Cone da Senhora da Piedade