

Aprender com a natureza

Enxurradas e inundações na Madeira

Data: 28-03-2010

João Baptista Pereira Silva (Engenheiro Geólogo, Doutor em Geociências)

Fernando Ernesto Almeida (Engenheiro de Minas, Professor Associado da Universidade de Aveiro)

Celso de Sousa Figueiredo Gomes (Geólogo, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro)

Investigadores do Centro de Investigação GEOBIOTEC da FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia), Universidade de Aveiro

HISTÓRICO

A história do povoamento da Madeira está intimamente ligada às chuvas torrenciais, às ribeiras, às enxurradas e às grandes inundações, designadas localmente por aluviões.

As chuvas torrenciais não são raras, ocorrendo, geralmente, no Outono e início da Primavera. Por vezes são mesmo desastrosas, por originarem caudais de enorme poder erosivo e transportador, com efeitos destruidores de bens materiais (pontes, estradas, terrenos agrícolas, casas e outras infraestruturas) e, causadores de mortes (pessoas e animais) e inundações nas zonas baixas das povoações, localizadas junto ao mar.

A maior aluvião de que há registo histórico ocorreu no dia 9 de Outubro de 1803, tendo, na ocasião, perecido cerca de 1000 pessoas, na maior parte residente no concelho do Funchal. Durante os séculos XIX e XX ocorreram no arquipélago da Madeira vários episódios de enxurradas e inundações catastróficas, oito registadas no século XIX e vinte e duas registadas no século XX.

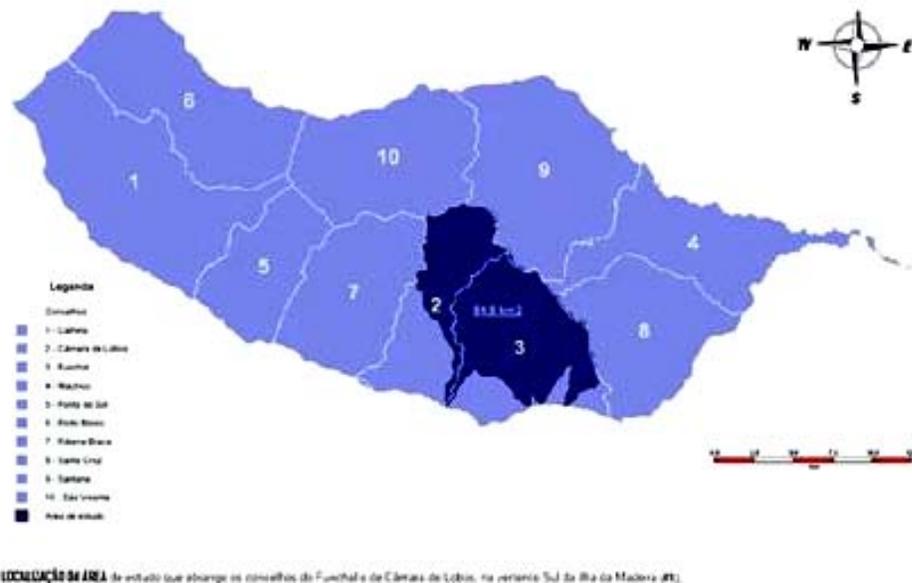
Os dados de que dispomos relativos ao século XX, evidenciam ser o Outono a estação em que se verificou o maior número de aluviões, havendo registos de três em Setembro, dez em Outubro e três em Novembro. Das vinte e duas aluviões referidas por Quintal, (1999) no século XX, catorze ocorreram na segunda metade, e treze ocorreram de 1970 até à actualidade. Os autores admitem que a maior incidência de aluviões ocorridas no último período possa estar associada aos factores seguintes: alterações climáticas no arquipélago, a crescente impermeabilização do solo e subsolo, e a ocupação, estreitamento e modificação do perfil dos leitos das ribeiras ao longo dos seus cursos superior, médio e inferior.

A última catástrofe, ainda bem presente na memória do povo madeirense, ocorreu no dia 20 de Fevereiro de 2010, provocando 43 mortos (29 dos quais no concelho do Funchal), 8 desaparecidos, várias dezenas de feridos, seis centenas de desalojados e prejuízos avaliados em 1,3 mil milhões de euros, dos quais 198 milhões de euros correspondem ao município do Funchal.

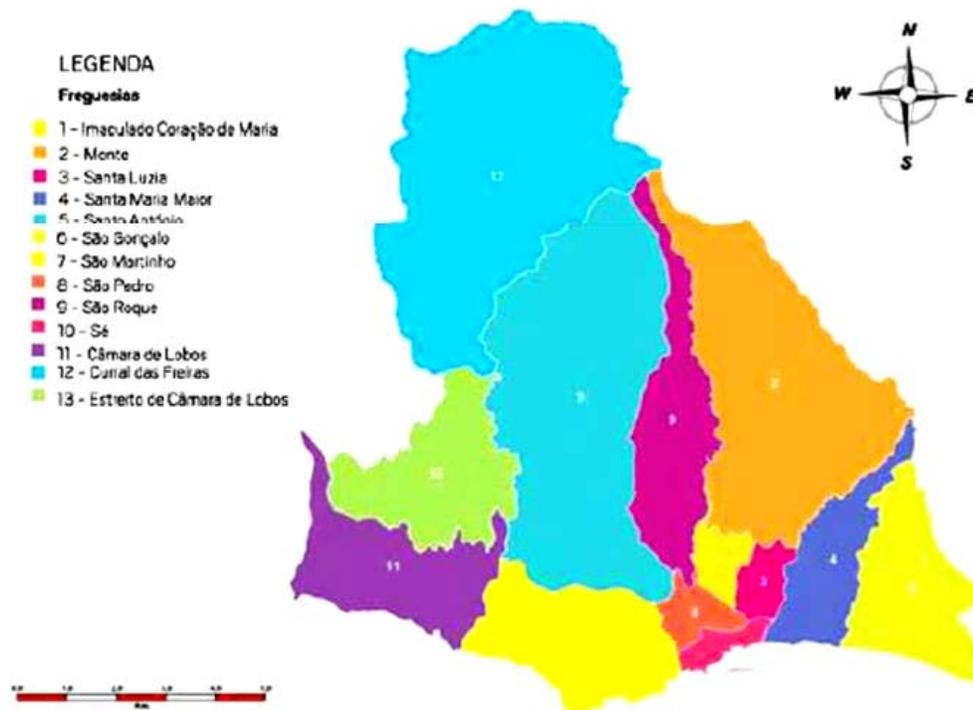
ÁREA DE ESTUDO

A área considerada para este estudo envolve o concelho do Funchal e parte significativa do concelho de Câmara de Lobos.

Localizados na costa sul da ilha da Madeira, O Funchal abrange uma área total de 76,2 km² e um perímetro urbano de 34,4 km², sendo que Câmara de Lobos ocupa uma área de cerca de 52,1 km² representando estes dois concelhos 16,9 %, aproximadamente, do espaço territorial dos dez concelhos que constituem a área administrativa da ilha da Madeira (**F1**).



Os concelhos do Funchal e de Câmara de Lobos confrontam a Nascente com os concelhos de Santa Cruz e Machico, a Poente com o concelho da Ribeira Brava, a Norte com os concelhos de Santana e de São Vicente e a Sul com o Oceano Atlântico. O concelho do Funchal compreende dez freguesias: Imaculado Coração de Maria, Monte, Santa Luzia, Santa Maria Maior, Santo António, São Gonçalo, São Martinho, São Pedro, São Roque e Sé (**F2**) e, nele residem 103.961 habitantes, segundo os Censos 2001. Já Câmara de Lobos tem cinco freguesias: Câmara de Lobos, Curral das Freiras, Estreito de Câmara de Lobos, Jardim da Serra e Quinta Grande, residindo neste concelho 34614 habitantes (**F2**).



LOCALIZAÇÃO DOS CONCELHOS do Funchal e de Câmara de Lobos, na ilha de Madeira, e representação das 10 freguesias do concelho do Funchal e de 3 freguesias do concelho de Câmara de Lobos abrangidas por este estudo (F2).

Segundo a mesma fonte, a Região Autónoma da Madeira apresentava em 2001 uma densidade populacional quase três vezes superior à calculada para o país (312,2 contra 112,4 habitantes por km²), sendo que no concelho do Funchal, 1371,5 habitantes por km², este indicador é bastante mais elevado, sendo superior em mais de 12 vezes a média nacional, facto que está bem patente na ocupação do território. Nestes dois concelhos estão as 4 freguesias mais populosas da Região Autónoma da Madeira (Santo António com cerca de 22 mil habitantes, São Martinho com cerca de 21 mil, Câmara de Lobos com cerca de 17 mil e Santa Maria Maior, com cerca de 14 mil habitantes. A construção de habitação nas 'zonas altas' e inter-fluviais chega a atingir a cota 800 m (assinalada na Foto F3 com linha a tracejado laranja) como acontece, por exemplo, na freguesia de Santo António, nos sítios dos Três Paus, Boliqueime e Trapiche (F3).



CONSTRUÇÃO e ocupação do território nas zonas altas da freguesia de Santo António (F3).

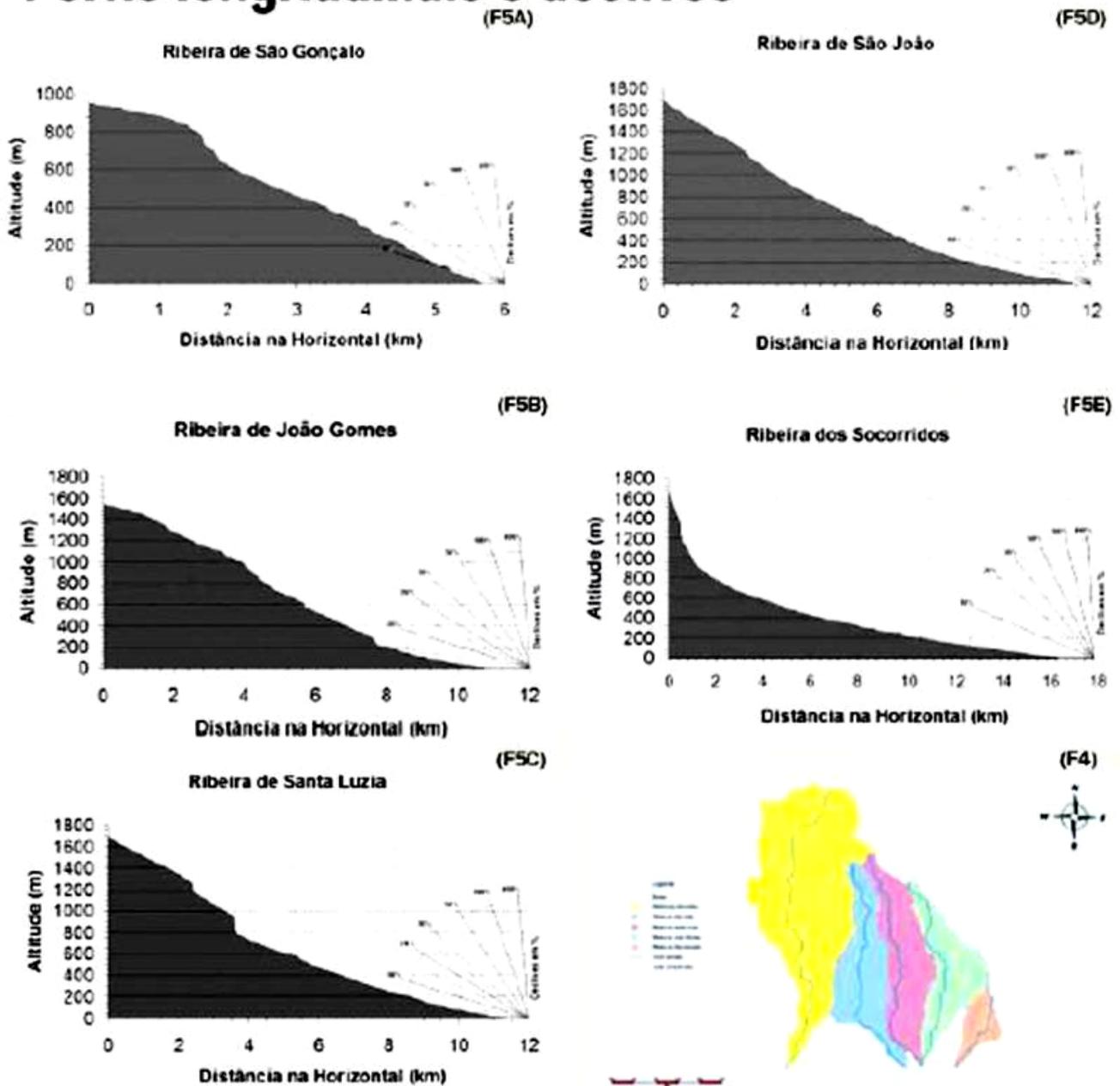
HIDROGRAFIA

O concelho do Funchal é entalhado ("rasgado") por cinco cursos de água principais que são relativamente extensos (Tabela 1) e que apresentam orientação aproximadamente perpendicular à linha da costa (F4). De nascente para poente posicionam-se os cursos inferiores e a foz das Ribeiras de São Gonçalo, de João Gomes, de Santa Luzia, de São João e dos Socorridos (F4).

Ao longo do seu trajecto, de montante para jusante, as ribeiras vão assumindo diferentes designações e apresentam declives que variam em média entre 20% e 35% mas que podem atingir picos na ordem dos 450% (cerca de 77°) nos cursos, superior e médio, e de 10% (cerca de 6° - 7°) no curso inferior (F5A a F5E).

A rede hidrográfica da ilha da Madeira apresenta indícios de uma extrema juventude que se traduz, por exemplo, na reduzida importância da erosão lateral das vertentes e das capturas, bem como nos perfis longitudinais com declives acentuados que se observam mesmo nas ribeiras com maior grau de maturidade (F5A a F5E). O quadro geral é o de torrentes vigorosas e muito activas nas estações pluviosas, com transporte de abundante carga sólida, heterométrica, e com grande capacidade de transporte até ao mar (Ribeiro, 1995).

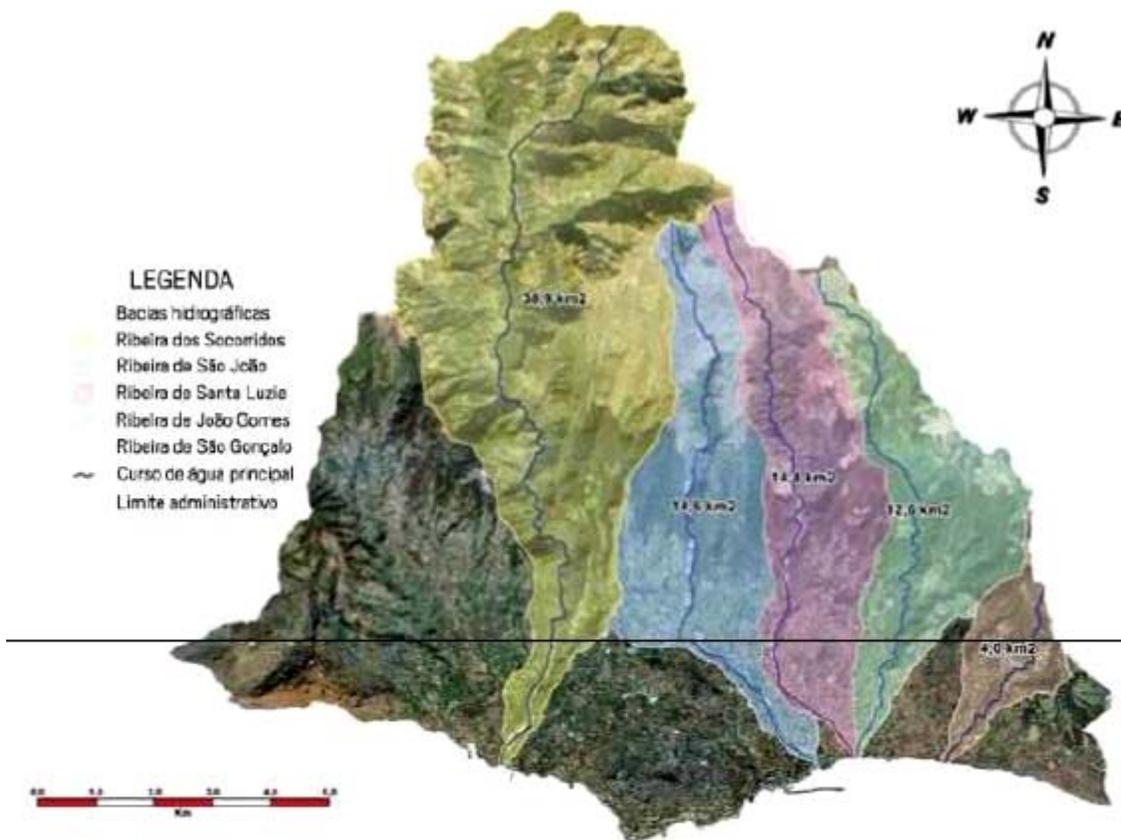
Perfis longitudinais e declives



Durante o período de Verão os leitos das ribeiras da vertente sul da ilha encontram-se, no geral, secos e repletos de detritos grosseiros, incluindo grandes blocos, que se imobilizam a meio do transporte por perda de competência das águas, até que novas enxurradas possam retomar o seu transporte a caminho do litoral (Prada, et al., 2003). Na figura **F6** estão representadas as principais bacias hidrográficas e a área (em km²) que ocupam no concelho do Funchal as Ribeiras de São João, de Santa Luzia, de João Gomes e de São Gonçalo e ainda a bacia hidrográfica da Ribeira dos Socorridos cuja área, para além do concelho do Funchal, também ocupa parte significativa do concelho de Câmara de Lobos.

BREVE ANÁLISE QUANTITATIVA DAS BACIAS DE DRENAGEM

A análise quantitativa, preocupando-se com a enumeração das características físicas das bacias hidrográficas, procura facilitar a comparação entre estas. As características físicas das bacias de drenagem podem ser agrupadas em lineares, superficiais e do relevo (Lourenço, Luciano, 1998). As primeiras dizem respeito ao número, comprimento e hierarquização dos canais que compõem a rede de drenagem; as segundas às áreas e formas das bacias; e as terceiras à altimetria.



BACIAS hidrográficas das cinco principais ribeiras que desaguam no Funchal (F6).

- Propriedades lineares

A elevada altitude média da ilha da Madeira, associada à elevada pluviosidade, confere ao agente exógeno, água, uma grande capacidade modeladora do relevo. O tipo de linhas de água varia em função dos materiais sobre os quais a água corre. Em termos gerais, verifica-se que em materiais piroclásticos não soldados e em formações geológicas muito alteradas por meteorização e, por conseguinte, menos resistentes, os cursos de água que apresentam perfis em forma de V, exibem secções mais abertas (F7) e, a rede hidrográfica ramifica-se, adquirindo, num estado mais evoluído, um padrão dendrítico (Nunes, 1998). Este facto está bem patente nos cursos médio e superior das principais ribeiras (F7).

Quando os cursos de água correm sobre escoadas lávicas de derrame subaéreo não alteradas e em formações resistentes à erosão, os vales respectivos apresentam-se geralmente profundos, muito

encaixados e estreitos, com desenvolvimento de paredes sub-verticais a verticais e perfis transversais em forma de U (F7). Este facto pode ser observado no curso inferior das Ribeiras de João Gomes, de Santa Luzia, de São João e dos Socorridos.



Os diferentes troços que constituem a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica podem, e devem, ser ordenados hierarquicamente segundo diversos critérios, o mais frequente dos quais é o utilizado por Strahler. Este modelo consiste na atribuição da ordem 1 aos canais extremos. Da junção de dois canais de ordem 1 origina-se um canal de ordem 2 que se prolonga até encontrar outro canal de ordem 2 de cuja união resulta um canal de ordem imediatamente superior, e assim sucessivamente.

A **Tabela 1** resume as ribeiras mais importantes do concelho do Funchal, quanto ao comprimento do seu curso de água principal, o nº de troços e hierarquização da sua rede hidrográfica.

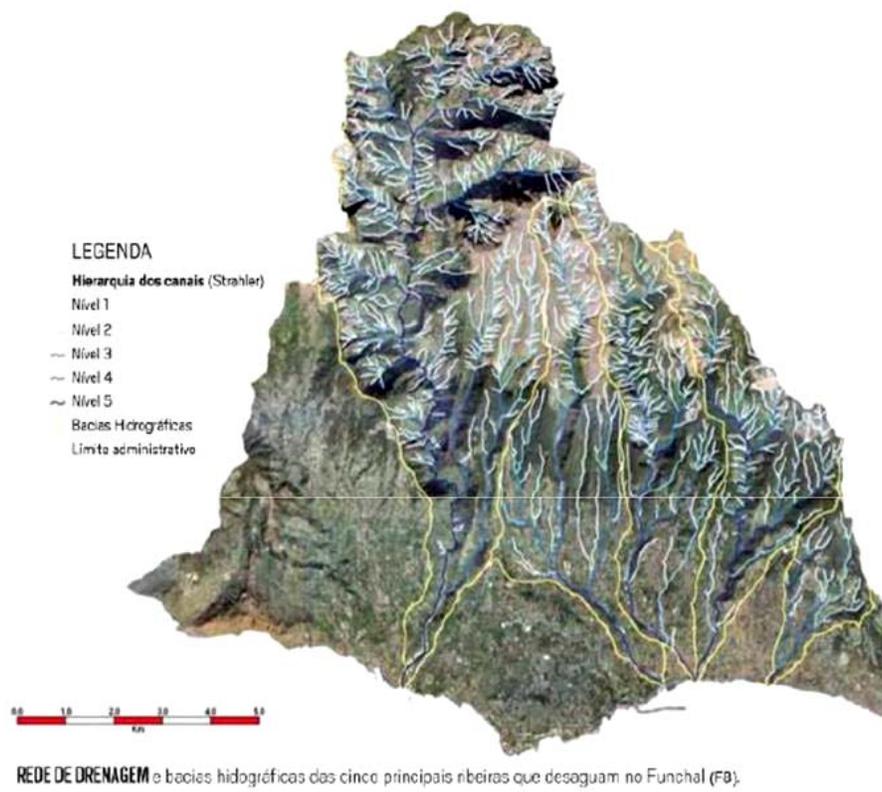
LINHAS DE ÁGUA

RIBEIRA	COMPRIMENTO DO TROÇO PRINCIPAL (KM)	TROÇOS(Nº)					
		TOTAL	NIV.1	NIV.2	NIV.3	NIV.4	NIV.5
Socorridos	16,5	722	365	179	84	37	57
São João	11,5	142	72	33	34	3	0
Santa Luzia	11,4	281	141	44	40	56	0
João Gomes	10,7	202	103	49	17	29	4
São Gonçalo	5,7	37	19	8	9	1	0
TOTAL	56,4	1384*	700	313	184	126	61

* 849 são exclusivas do concelho do Funchal

TABELA 1 Comprimento dos cursos de água principais, o nº de troços e hierarquização da rede hidrográfica das principais ribeiras que desaguam no concelho do Funchal.

A observação da figura **F8**, a interpretação dos dados constantes da Tabela 1, e o conhecimento científico de que dispomos relativamente a outras regiões Atlânticas insulares, leva-nos a admitir que o concelho do Funchal apresenta uma rede hidrográfica com características muito próprias dentro das ilhas do grande arquipélago da Macaronésia e, talvez, únicas no panorama das restantes cidades europeias. Podemos considerar que o tipo de rede hidrográfica é uma consequência da geodiversidade exprimindo o estado actual das 849 linhas de água e das 14 bacias de recepção hidrográfica.



- Propriedades superficiais

As propriedades superficiais relacionam-se essencialmente com a forma e extensão das bacias hidrográficas, por delas dependerem os quantitativos de precipitação e de insolação recebidos. Existem inúmeros índices que podem ser calculados por forma a se poder comparar entre si as diferentes bacias hidrográficas. A forma das bacias é difícil de definir, por isso dizem-se com uma forma alongada, rectangular, triangular, circular, etc., ou seja, procuramos compará-las com formas geométricas conhecidas, através das quais seja fácil fazer a sua comparação. No caso concreto das 5 bacias hidrográficas em apreço, 3 destas (Socorridos, João Gomes e São Gonçalo) apresentam-se sob a forma de triângulo invertido, sendo que as outras duas (São João e Santa Luzia) apresentam uma forma alongada sendo de destacar uma inflexão para nascente no seu curso médio-inferior (**F6**).

A Tabela 2 resume as bacias hidrográficas das ribeiras mais importantes que desaguam no concelho do Funchal no que se refere à sua área e ao seu perímetro.

BACIAS HIDROGRÁFICAS		
RIBEIRA	ÁREA (KM ²)	PERÍMETRO (KM)
Socorridos	38,9	36,3
São João	14,6	23,7
Santa Luzia	14,4	23,3
João Gomes	12,6	22,2
São Gonçalo	4,0	11,8
TOTAL	84,5	117,3

TABELA 2 Área e perímetro das principais bacias hidrográficas das principais ribeiras que desaguam no concelho do Funchal.

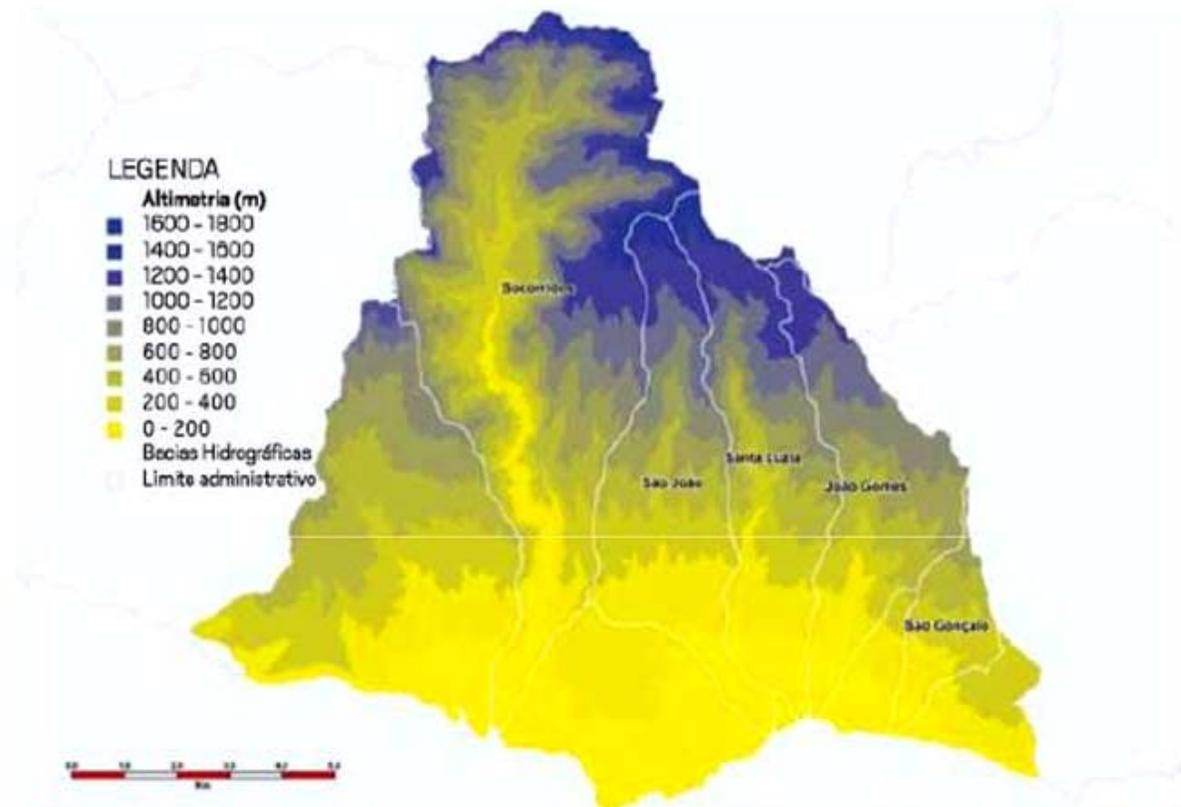
- Propriedades do relevo

Torna-se necessário conhecer a distribuição de altitudes numa determinada bacia hidrográfica, já que os declives dependem da altitude que, por outro lado, influencia a precipitação. As altitudes de uma rede hidrográfica são observadas através das curvas de nível (**F9A e F9B**), correspondendo os pontos de maior e de menor cota, respectivamente à máxima e mínima altitude (**F5A a F5E**).

Na **Tabela 3** são apresentadas as cotas máximas em cada uma das bacias hidrográficas das ribeiras mais importantes que desaguam na baía do Funchal, sendo, portanto, a cota 0 a altitude mínima das mesmas.

COTA MÁXIMA	
RIBEIRA	COTA MÁXIMA (M)
Socorridos	1780
São João	1710
Santa Luzia	1760
João Gomes	1550
São Gonçalo	960

TABELA 3 Cotas máximas em cada uma das bacias hidrográficas das principais ribeiras que desaguam no concelho do Funchal.



DISTRIBUIÇÃO altimétrica da área de estudo (F9A) – em cima; Modelo tridimensional do encaixe da rede de drenagem das cinco bacias da área de estudo – em baixo (F9B).

VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA E TOPONÍMIA

Os terrenos da baixa citadina do Funchal compreendem, essencialmente, depósitos fluviais e marinhos do Plistocénico que, muitas vezes, cobrem depósitos vulcânicos piroclásticos e/ou derrames lávicos (Zbyszewski, et al., 1975). Trata-se de materiais pétreos de transporte torrencial, muito heterométricos (dimensões desiguais, do bloco ao calhau, à areia, ao silte e à argila), mal calibrados e pouco coesos (sendo o teor dos materiais finos, areia, silte e, particularmente, de argila, responsável pela maior ou menor coesão) (F10A). Os materiais pétreos dos depósitos fluviais e marinhos apresentam, normalmente, porosidade e permeabilidade elevada (F10B), podendo ser observados aquando da abertura de valas ou em escavações. Durante os séculos XVIII, XIX e XX, a cidade do Funchal sofreu modificações significativas da linha de costa. A toponímica de algumas localidades e lugares constituem provas evidentes de tais factos. Refira-se, a título de exemplo, a povoação de Santa Maria do Calhau (actual núcleo histórico de Santa Maria), Campo da Barca, Rua da Praia, Largo dos Varadouros e Avenida do Mar (vide postal nas páginas 6 e 7).

Com recurso aos programas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ArcView e Geomedia foi desenhado sobre o ortofotomapa da cidade do Funchal (1997) um modelo representativo dos antigos leitos de inundações (denominação ALI) e dos actuais cursos inferiores das Ribeiras de São João (RSJ), de Santa Luzia (RSL) e de João Gomes (RJG) (F11).



MODELO dos antigos leitos de inundação e actuais linhas de água das ribeiras de João Gomes, Santa Luzia e São João (F11).

Na **Tabela 4** constam as áreas calculadas para o modelo apresentado na figura F11, para cada um dos antigos leitos de inundação e para as actuais áreas ocupadas pelos cursos inferiores das Ribeiras de São João, de Santa Luzia e de João Gomes (linhas cheias a cor azul). Sobre o ortofotomapa (**F11**) foram delimitados todos os edifícios e as principais ruas e avenidas (revestidas com massa betuminosa) da baixa da cidade e calculadas as áreas, tendose obtido para a soma total das áreas parcelares $3,6\text{km}^2$. Ao subtrair o valor obtido à área total estudada e estimada em $8,2\text{ km}^2$, obteve-se uma superfície impermeabilizada estimada em $4,6\text{km}^2$, aproximadamente.

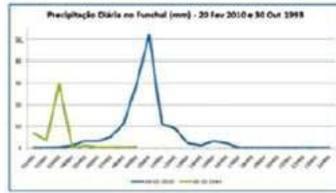
CÁLCULO DAS ÁREAS

DENOMINAÇÃO/ÁREAS OCUPADAS (KM ²)	ANTIGO LEITO DE INUNDAÇÃO (ALI)	CURSO INFERIOR
Ribeira de São João	$22,1\text{km}^2$	$1,04\text{km}^2$
Ribeira de Santa Luzia	$33,6\text{km}^2$	$1,12\text{km}^2$
Ribeira de João Gomes	$16,9\text{km}^2$	$0,68\text{km}^2$

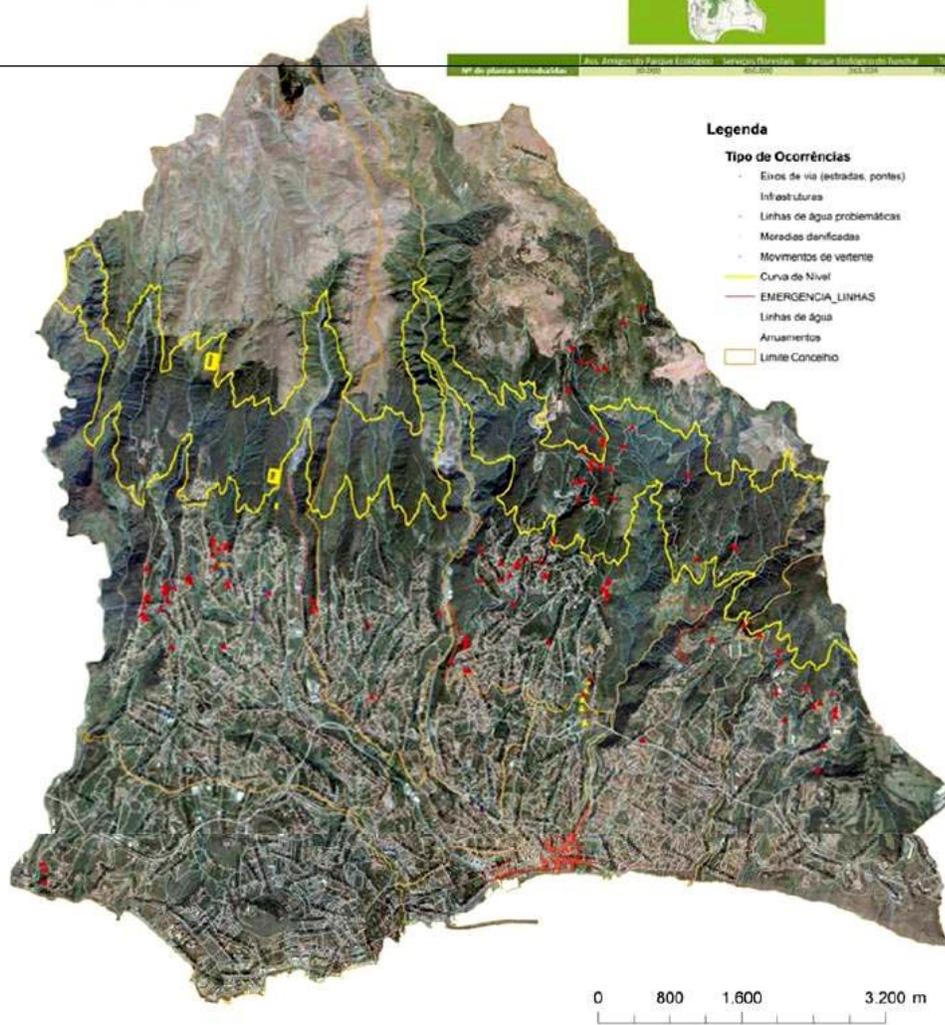
TABELA 4 Cálculo das áreas dos antigos leitos de inundação e actuais áreas ocupadas pelos cursos inferiores das Ribeiras de São João, Santa Luzia e João Gomes.

RECOMENDAÇÕES PARA A MINIMIZAÇÃO DOS EFEITOS DE FUTURAS CHEIAS

Nas margens e nas zonas de inundação das ribeiras foram construídas ao longo do tempo vários tipos de infra-estruturas empresariais, desportivas, centros de saúde, quartéis de bombeiros, centrais de transformação eléctrica, centrais de camionagem, centros de processamento e triagem de resíduos sólidos, habitações familiares, blocos de apartamentos de habitação social e rede viária (estradas, ruas e pontes). A maioria das infra-estruturas referidas, como é óbvio, não podem ser retiradas dos locais onde estão. Na **F12** pode constatar-se a existência de 167 ocorrências no concelho do Funchal e que as zonas mais afectadas foram maioritariamente as localidades posicionadas entre as cotas 350m e 700m de altitude e os cursos inferiores das ribeiras na zona baixa da cidade (**F13**).



Mapa das Ocorrências



Legenda

- Tipo de Ocorrências**
- Eixos de via (estradas, pontes)
 - Infraestruturas
 - Linhas de água problemáticas
 - Moradas danificadas
 - Movimentos de vertente
 - Curva de Nível
 - EMERGENCIA_LINHAS
 - Linhas de água
 - Armazéns
 - Limite Concelho

0 800 1.600 3.200 m

MAPA das ocorrências no Concelho do Funchal em 20 de Fevereiro de 2010 - Câmara Municipal do Funchal (FMF).
14 MAIO DE 2010 A 3 DE ABRIL DE 2010

Cinco semanas após a ocorrência das cheias de 20 de Fevereiro de 2010 que provocaram uma vasta destruição nas zonas altas do concelho do Funchal e que deixaram a baixa da cidade coberta de lama, pedras e outros materiais e que provocou várias mortes e destruição significativa de habitações, armazéns, caves, pontes, estradas, ruas e terrenos agrícolas (com grande perda de solo arável), os autores deste artigo pretendem, desde já, dar nota de algumas preocupações e reflexões sobre o passado e a actualidade da problemática das cheias na Madeira, em geral e, no Funchal, em particular.

Os autores deste artigo baseados em informação recolhida no boletim do Instituto de Meteorologia (Fevereiro de 2010) e em observações directas, constataram que muitas das bacias de recepção hidrográfica e canais de escoamento, não possuem área suficiente para fazer uma drenagem adequada

das chuvas torrenciais, face às condições de elevada pluviosidade como as que ocorreram de 28 para 29 de Outubro de 1993 (a precipitação variou então entre 89 a 210 litros por metro quadrado em menos de 24 horas) e no passado dia 20.02.2010 (52 litros por metro quadrado em apenas uma hora, entre as 8:50 e as 9:50, e 143,3 litros por metro quadrado em 24 horas, na cidade do Funchal).

Deste modo, recomendamos a adopção de várias estratégias e medidas relativamente à tipologia dos trabalhos que deverão ser realizados nos cursos superior, médio e inferior das principais ribeiras.

CURSO SUPERIOR

1 - Recuperação da floresta indígena, Laurissilva, nas zonas montanhosas e de cabeceiras dos principais cursos de água entre 1400m e 600m de altitude, de forma a aumentar a biodiversidade e a infiltração de água, atenuar a erosão dos solos e diminuir as consequências provocadas pelas cheias.

Esta proposta é consistente com proposta semelhante que enformou o trabalho desenvolvido, entre 1846 e 1852, pelo Conselheiro José Silvestre Teixeira, com funções de Governador Civil da Madeira. Nas encostas declivosas de alguns vales podem ser observados vestígios de antigos socalcos e pequenas levadas e tanques de rega que foram construídos pelos nossos antepassados tendo em vista o aproveitamento agrícola do solo e o combate da erosão das encostas. Actualmente, a maioria dos poios agrícolas e encostas cultivadas estão abandonadas, como acontece na Ribeira Grande de Santo António.

A manutenção destes espaços e porventura a construção de outros idênticos, reveste-se de uma importância crucial, em termos paisagísticos e de estabilidade, das vertentes. A Direcção Regional de Florestas, a Câmara Municipal do Funchal, e muito em particular, a Associação dos Amigos do Parque Ecológico do Funchal têm desenvolvido um trabalho notável no combate à erosão e desertificação dos solos após a retirada do gado de pastoreio das serras de Santo António e de São Roque. Desde 2001 têm sido realizadas várias acções e campanhas de plantação de espécies indígenas com a participação de gente anónima, alunos de várias escolas do concelho e de grupos organizados que, voluntariamente, têm feito questão de colaborar no nascimento de recantos atractivos que outrora se encontravam desertificados. Os piornos, as uveiras, os goivos-da-serra, as andríalas, as armérias da madeira, os massarocos, os loureiros, as urzes-molares e os cedros-da-madeira crescem saudavelmente (**F14A**: Outubro de 2002 e **F14B**: Junho de 2009);

2 - Tendo em conta o volume, dimensão e peso (10 a 15 toneladas) dos blocos transportados no dia 20.02.2010 de terrenos situados a altitudes superiores a 800 metros até á baixa da cidade (**F15**), recomenda-se a construção de grandes bacias de recepção de materiais, com o objectivo de separar a carga sólida pesada da água, devendo esta ser descarregada através de canais de emergência, do tipo dos que são utilizados em barragens.

Refira-se, a título de exemplo, a metodologia que vem sendo adoptada por algumas empresas de exploração de inertes e transformação de agregados que laboram nos cursos superior e médio da Ribeira dos Socorridos, onde são escavadas várias depressões no leito da ribeira, com o objectivo de reter a carga sólida transportada após grandes chuvadas; na maioria das vezes o material fica separado em distintas granulometrias facilitando os processos de carregamento, transporte, pré-bitragem e bitragem nas Centrais de Processamento e Transformação dos agregados utilizados na construção civil e nas obras públicas; 3 - Monitorização do recuo das cabeceiras das ribeiras em função das mudanças introduzidas no perfil (**F5A a F5E**) e na ocupação do leito das ribeiras;

CURSO MÉDIO

4 - Identificação, caracterização, controlo e monitorização do movimento de depósitos de vertente ao longo dos cursos das ribeiras, os quais, potencialmente, possam dar origem a escorregamentos e/ou correntes de lamas para o interior dos canais de escoamento. Como exemplo, referem-se os escorregamentos de terrenos que ocorreram na vertente oposta ao caminho da Ribeira Grande de Santo António por não existirem muralhas de contenção construídas ao longo da ribeira, entre a zona norte do complexo Desportivo do C. F. Andorinha e as Instalações da Empresa Madeira Inerte **(F16)**;

5 - Construção de muralhas de contenção ao longo das ribeiras evitando sempre que possível troços rectilíneos e dando preferência à construção de cursos em meandro de forma a reduzir a velocidade da água (que podem atingir velocidades da ordem dos 60 a 80km/h) e da projecção da carga sólida sobre as margens. Refira-se, a título de exemplo, o que aconteceu com a projecção da carga sólida na muralha da Ribeira de Santa Luzia, abaixo da bomba de gasolina da BP, que provocou três colapsos na muralha e no pavimento da Rua 31 de Janeiro **(F17)**; nos locais onde existem registos históricos de transbordo/galgamento das ribeiras, deverão ser realizadas obras de modo a rebaixar e aumentar a secção do leito da ribeira (comparar registos das cheias de 2003 e de 2010);

6 - Limpeza, desobstrução e canalização dos efluentes (pequenos ribeiros e corgos) para os cursos de água secundários e principais;

7 - Remoção da vegetação espontânea que se desenvolve ao longo dos leitos das ribeiras; remoção parcial dos materiais geológicos que se depositam, após as grandes chuvas, ao longo dos canais de escoamento; limpeza de materiais diversos (vazadouro de terras, lamas de depuração de agregados, entulhos e lixos) que, por vezes, são colocados ao longo do leito e/ou zonas de inundação das ribeiras. Refira-se, a título de exemplo das situações atrás referidas, as Ribeiras de Santa Luzia e dos Socorridos;

CURSO INFERIOR

8 - Em 2006, os autores apresentaram os resultados de um trabalho técnico e científico desenvolvido ao longo de cinco anos, sobre o "Impacte ambiental provocado pela construção subterrânea na baixa citadina do Funchal" causado pelas cheias de 30 de Outubro de 1993. Infelizmente a maioria das situações diagnosticadas e previstas como sendo de risco potencial (cerca de 90%) para o estreitamento e ocupação dos leitos das ribeiras e impermeabilização do solo e subsolo, ocorreram no passado dia 20.03.2010, tendo provocado elevados prejuízos financeiros e danos materiais (Silva, et al., 2006). Refira-se, a título de exemplo, o galgamento da Ribeira de São João devido ao estreitamento do curso inferior da ribeira entre o Funchal Centrum (Centro Comercial Dolce Vita) e a foz da ribeira (Marina do Funchal) e, também, as inundações verificadas em sub-caves, caves e grandes parques de estacionamento subterrâneo das freguesias de Santa Maria, Santa Luzia, Sé e São Pedro **(F18)**; Refira-se ainda, o exemplo, do facto de no parque de estacionamento do Centro Comercial Anadia terem sido bombeados 50 milhões de litros de água;

9 - As obras subterrâneas que envolveram, túneis, grandes escavações e desmonte de rocha e solo foram executadas em terrenos com áreas compreendidas entre 300m² e 10 000m², tendo as escavações atingido, nalguns casos, profundidades da ordem de 30m em relação à cota do solo actual, e serviram para a construção de caves, arrecadações e parques de estacionamento **(F19 e F20)**.

As cavidades resultantes da remoção dos materiais geológicos e a impermeabilização dos terrenos circundantes por meio de paredes moldadas com ancoragens provocaram impactes de vária ordem atribuídos, essencialmente, aos factores seguintes: descompressão do terreno, rebaixamento do nível freático (com avanço da cunha salina devido á intensa bombagem de água nos parques de

estacionamento inferiores) e, conseqüente modificação do regime hidrológico nas zonas contíguas às áreas construídas, onde em edifícios construídos ao longo de cinco séculos, surgiram e se foram desenvolvendo fissuras e fendas (exemplo Sé do Funchal). Muitos desses edifícios têm vindo a perder estabilidade estrutural e funcionalidade, manifestadas, por exemplo, pela dificuldade de abertura e fecho de portas e janelas (como aconteceu no Edifício Arriaga, Galerias de São Francisco, Edifício da Associação Comercial e Industrial do Funchal,...). Verificou-se, também que, em alguns jardins secaram ramos de árvores de grande porte, facto muito provavelmente atribuído a variações do nível freático. Importa acrescentar ainda que, na baixa citadina do Funchal, a maior parte da área construída das grandes edificações tem lugar abaixo do nível do solo. Ficou bem patente que a crescente construção na baixa do Funchal tem vindo a danificar o património edificado, representando um perigo crescente face à possível ocorrência de novas cheias. Por isso, a ocupação do subsolo deve estar limitada ao essencial;

10 - Até aos anos 40 do século passado o curso inferior da Ribeira de São João corria a céu aberto e desaguava na praia de São Lázaro (**F21**). Com o passar do tempo foi sucessivamente fechado, primeiro com a edificação da rotunda do Infante e posteriormente feito o estreitamento das suas margens com a construção no seu leito das paredes de fundação e do paredão da entrada da Marina do Funchal, dos 'barracões' das actividades náuticas e dos edifícios Conjunto Monumental do Infante, Marina Fórum e, mais recentemente, com a construção da base de fundação das paredes dos edifícios Funchal Centrum e antigo Minas Gerais (**F22**); Tendo em conta a quantidade de carga sólida removida após as cheias de 1993 e 2010 e os avultados parte da ribeira deverá correr a céu aberto e que a sua foz seja mais larga, nem que seja necessário fazer dragagens regulares entre a foz e a bacia portuária, para não comprometer as manobras e atracagens dos navios;

11 - Reconstrução e reforço da base das antigas muralhas edificadas no século XIX pelo Brigadeiro Reinaldo Oudinot ao longo das Ribeiras de João Gomes, de Santa Luzia e de São João; nos locais onde existem registos históricos de transbordo/galgamento das ribeiras devido á construção de novas pontes de tabuleiro plano, deverão ser realizadas obras de modo a rebaixar e aumentar a secção do leito das ribeiras; na construção das novas pontes sugerimos a adopção do método de arco em meia volta, à semelhança do feito na ponte de D. Manuel I que liga a Rua 31 de Janeiro à Rua 5 de Outubro;

12 - Os meios operacionais dos Quartéis dos Bombeiros Municipais e dos Voluntários Madeirenses, localizados nas ribeiras de São João e de João Gomes, respectivamente, deverão estar em locais seguros, para poderem ser utilizados de imediato, em caso de cheias ou enxurradas. Refira-se a título de exemplo o que ocorreu no passado dia 20 de Fevereiro quando os meios de socorro dos Bombeiros Voluntários Madeirenses estiveram impossibilitados de actuar devido a inundação das suas próprias inundações;

13 - Remoção dos materiais de origem torrencial dos leitos inferiores das Ribeiras de João Gomes, de São João e de Santa Luzia, incluindo lamas, terras e detritos de natureza e proveniência diversa (águas residuais, materiais de demolição, entulhos, lavagem de carros betoneira,...); estes materiais têm sido removidos e colocados entre o cais do Funchal e a foz da Ribeira de Santa Luzia, dando origem a um vazadouro e/ou plataforma de aterro? (**F24**).

Inicialmente, tratou-se de uma solução razoável e muito prática para a colocação da elevada quantidade (> 250 000 m³) de detritos. Atendendo à natureza e às diversas proveniências dos detritos, somos de opinião que não deveriam ser considerados nem utilizados como aterro marítimo (o conceito, a metodologia e as obras de engenharia que envolvem um aterro marítimo são muito diferentes das preconizadas. Um bom exemplo de um aterro marítimo foi o realizado na zona inferior da pista do Aeroporto Internacional da Madeira, actual Parque Desportivo de Água de Pena); Qualquer

aproveitamento que se venha a dar no futuro à plataforma criada, deve ser levado em conta que o delta de dejectação dos materiais das fozes das ribeiras de João Gomes e Santa Luzia, ficarão largamente reduzidos e desviados, as modificações introduzidas na propagação da corrente e deriva marítima, as condições da navegabilidade dos navios de cruzeiro no interior da bacia portuária e os custos financeiros associados à manutenção da infraestrutura;

14 - Remoção dos materiais geológicos que se depositam, após as grandes chuvas, ao longo dos canais de escoamento; estes materiais deverão ser colocados ao longo da costa (materiais de maior dimensão e tonelagem a colocar na zona de costa entre a foz da Ribeira dos Socorridos e a Praia Formosa-promenade marítima, complexos balneares do Lido e da Barreirinha) e em algumas praias (materiais de menor calibre, burgau, seixo, calhau e areia) com problemas de alimentação e erosão (praia do Arieiro, praia Formosa, praia de Santiago, e praia do Touco); podem ainda ser utilizados na recuperação e na construção de nova "Calçada Madeirense", que representam uma arte de pavimentação única no país e constitui um símbolo da nossa cultura e património arquitectónico **(F25)**;

OUTRAS RECOMENDAÇÕES

- Inventariação no terreno de todas as linhas de água do concelho, 849 linhas de água e 14 bacias de recepção hidrográfica **(F8)** e avaliação do estado em que se encontram após as enxurradas de 20.03.2010.
- Avaliação das encostas onde ocorreram movimentos e deslizamentos de terras, que afectaram e destruíram casas e terrenos agrícolas provocando algumas vítimas mortais, de modo a aferir as zonas que valerá a pena recuperar e as zonas onde não deve ser permitida edificação.
- Planeamento do território que envolva a gestão integrada dos recursos hídricos, quer do fluxo superficial, quer do fluxo subterrâneo, dando particular atenção aos canais de escoamento dos cursos hídricos principais e dos seus afluentes, nos cursos superior, médio e inferior, em áreas rurais e urbanas.
- Definição de um modelo hidrodinâmico capaz de prever em tempo real a ocorrência de cheias na baixa citadina e gestão dos canais de escoamento; actualmente, apesar de existirem meios de previsão meteorológica capazes de antever a ocorrência de cheias, nada garante que na cidade do Funchal não voltem a ocorrer cheias, eventualmente devastadoras, em termos de bens e de vidas.
- Elaboração de cartas de risco de cheias (aluviões) que tenham em conta para uma dada área as condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas.
- Inclusão nos manuais escolares e, em particular, na disciplina de Formação Cívica, de conteúdos e metodologias, sobre como saber actuar perante um cenário de catástrofe natural (cheias e enxurradas).
- Criação de uma rede de comunicação alternativa às redes de telecomunicações convencionais, evitando-se desta forma, o que sucedeu no passado dia 20 de Fevereiro, onde os meios estiveram inoperacionais durante várias horas, impossibilitando o pedido de auxílio das populações afectadas.
- Retirada das 'Estações de Serviço' do eixo das ribeiras de Santa Luzia e de São João.

A divulgação, desde já, dos factos antes referidos tem, como objectivo principal alertar as entidades competentes para um conjunto de situações que vêm sendo observadas a nível do ordenamento do território e que podem potenciar eventuais riscos naturais (como é o caso das cheias) por efeito da progressiva ocupação e impermeabilização do solo e do subsolo que tem ocorrido na baixa citadina do Funchal ao longo das duas últimas décadas, bem como para as implicações que essas mesmas situações estão a causar no património edificado.

Não se pretende com a presente comunicação travar o desenvolvimento do concelho, que conta com cinco século (s) de história, mas alertar para o impacte negativo de algum planeamento e desenvolvimento urbanístico.

JUSTIFICAÇÃO

A decisão, a preparação e o conteúdo deste artigo surgem na sequência de um conjunto de actividades de Geo-Engenharia e de Divulgação Científica, Técnica e Pedagógica em que os autores estiveram envolvidos e que decorreram de 2003 a 2009, entre as quais se destacam as seguintes:

1. Conferência organizada e promovida pelo Diário de Notícias sobre o tema "Monumentos e Edifícios do concelho do Funchal: Avaliação da degradação e das patologias dos materiais geológicos", realizada no Auditório do Museu da Electricidade e Casa da Luz, em 14 de Abril de 2003;
2. Publicação da reportagem "Quem busca a Ribeira, a Ribeira vai buscar", editada pelo Diário de Notícias, na sua Revista, de 30 de Outubro a 5 de Novembro de 2005, Funchal, pp. 10-17;
3. Trabalho técnico e científico apresentado e publicado no "10º Congresso Nacional de Geotecnia", Volume 3, pp. 731-740, Congresso que sob o tema "Impacte ambiental provocado pela construção subterrânea na baixa citadina do Funchal", decorreu no dia 22 de Maio de 2006, na Universidade Nova de Lisboa;
4. Ciclo de 40 Conferências sob o tema "Geodiversidade do concelho do Funchal: Cultura, Turismo e Meio Ambiente" integradas nas comemorações do "Funchal 500 Anos", que decorreram em 2007 e 2008 em diversos estabelecimentos dos Ensino Básico, Secundário e Superior, na Região Autónoma da Madeira e, também, noutras Universidades Portuguesas;
5. Acções de formação teórico-prática subordinadas ao tema "Geodiversidade e Património Geológico do Arquipélago da Madeira", para professores do ensino secundário, para alunos da Universidade Sénior e para Guias intérpretes e de montanha, que decorreram em 2009;
6. Capítulo 2 - "Meio Ambiente", do livro "500 anos de História da Cidade do Funchal" (aguarda publicação).

É objectivo dos autores deste artigo dar o seu contributo, em tempo útil e, sob a forma de um conjunto de recomendações e/ou medidas, tendo em vista a minimização dos efeitos de enxurradas e inundações que, no futuro, possam ocorrer no concelho do Funchal. Após as grandes e rápidas intervenções de remoção e limpeza de materiais mobilizados e depositados na cidade do Funchal, em particular, mas também nos concelhos de Ribeira Brava, Câmara de Lobos e Santa Cruz, os autores mesmo correndo o risco de algumas das recomendações aqui apresentadas não virem a ser adoptadas pelas Instituições Públicas e Privadas competentes, acham ser necessário, aprender com a natureza e com os erros cometidos, parar para pensar antes de agir, tendo em vista a reconstrução de modo sustentado e duradouro de bens materiais e infra-estruturas afectados ou destruídos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Diário de Notícias da Madeira, à Câmara Municipal do Funchal e ao seu Gabinete de Informação Geográfica, à German Aerospace Center (DLR) - Center for Satellite Based Crisis Information - Emergency Mapping & Disaster Monitoring (ZKI) em cooperação com a European Security Satellite Centre (EUSC), à Associação Comercial e Industrial do Funchal e aos Conselhos de Gerência das Empresas Concreto Plano - Sociedade de Construções, Lda, Tecnasol FGE, S.A., e Teixeira Duarte, S.A., a consulta de documentos históricos e as autorizações concedidas para visitar e realizar registos fotográficos em várias obras subterrâneas executadas na cidade do Funchal, bem como a disponibilidade de informações técnicas.

FOTOGRAFIAS, postais E FIGURAS Arquivo do Diário de Notícias, Photographia Museu Vicentes, Arquivo da Madeira Rochas, Colecção de postais particular de João Silva, Centro de Investigação GEOBIOTEC, João Baptista, Virgílio Silva, Raimundo Quintal e Rui Camacho.

BIBLIOGRAFIA

- FERREIRA, H. A. (1955). O clima de Portugal. VIII: Açores e Madeira. Instituto Nacional de Meteorológica e Geofísica, Lisboa.
- NUNES, João C.(1998). Paisagens Vulcânicas dos Açores. Amigos dos Açores, Ponta Delgada, 54 p.
- NUNES, João C. (2002). Novos conceitos em vulcanologia: erupções, produtos e paisagens vulcânicas, Geonovas, nº 16, pp. 5 - 22.
- LOUREIRO, J. J. M. (1983). Monografia hidrológica da ilha da Madeira. Recursos Hídricos, Lisboa, 5 (2): pp. 53 -71.
- LOURENÇO, Luciano (1998). Caderno de Trabalhos Práticos - Geografia Física (1ª Parte). Gabinete de Publicações da Faculdade de Letras, Coimbra.
- PRADA, Susana, GASPAS, M. A., SILVA, M. O., CRUZ, J. V., PORTELA, M. M. & HORA, G. R. (2003). Recursos hídricos da ilha da Madeira. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, 90, pp. 125-142.
- QUINTAL, Raimundo (1999). Aluviões da Madeira. Séculos XIX e XX. Revista Territorium, Coimbra, pp. 31 - 47.
- RIBEIRO, Orlando (1985). A ilha da Madeira até meados do século XX. Instituto de Cultura Portuguesa, Lisboa, 138 p.
- SILVA, João, ALMEIDA, Fernando & GOMES, Celso (2006). Impactos na estabilidade de estruturas e hidrogeologia do ambiente envolvente a obras de construção com grande desenvolvimento subterrâneo na baixa citadina do Funchal. 10º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa, Volume 3, pp.731-740.