



**Avaliação e Cartografia de Riscos Naturais,
Mistos e Tecnológicos no Concelho de Setúbal**

Versão 3

RISKam – Avaliação e Gestão de Perigosidades e Risco Ambiental
Centro de Estudos Geográficos
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território
Universidade de Lisboa



EQUIPA TÉCNICA:

COORDENAÇÃO

José Luís Zêzere

EQUIPA DE PROJECTO/AUTORES

José Luís Zêzere (RISKam)

Mário Neves (RISKam)

Eusébio Reis (RISKam)

Nuno Fonseca (RISKam)

Susana Pereira (RISKam)

Ângela Santos (RISKam)

António Lopes (RISKam e CliMA)

Ezequiel Correia (CliMA – Clima e Mudanças Ambientais)

Universidade de Lisboa

Lisboa, Março 2013; revisto em Janeiro 2020

Índice Geral

1. Introdução.....	9
2. Riscos naturais.....	11
2.1. Condições meteorológicas adversas.....	11
2.1.1. Nevoeiro.....	11
2.1.1.1. Susceptibilidade à ocorrência de Nevoeiro	12
2.1.2. Ondas de Calor.....	14
2.1.2.1. Susceptibilidade à ocorrência de Ondas de Calor.....	15
2.1.2.2. Exposição à ocorrência de Ondas de Calor.....	18
2.1.3. Vagas de Frio.....	22
2.1.3.1. Susceptibilidade à ocorrência de Vagas de Frio	23
2.1.3.2. Exposição à ocorrência de Vagas de Frio.....	25
2.1.4. Susceptibilidade à ocorrência de Vento Forte.....	26
2.2. Hidrologia	30
2.2.1. Cheias e inundações (zonas ameaçadas pelas cheias).....	30
2.2.1.1. Enquadramento	30
2.2.1.2. Metodologia.....	30
2.2.1.3. As zonas ameaçadas por cheias no concelho	36
2.2.1.4. Elementos expostos nas zonas ameaçadas por cheias	37
2.2.2. Inundação por tsunami	38
2.2.2.1. Metodologia.....	38
2.2.2.2. Susceptibilidade de inundação por tsunami	40
2.2.2.2.1. Susceptibilidade de inundação por tsunami no Sado	40
2.2.2.2.2. Susceptibilidade de inundação por tsunami na cidade de Setúbal	41
2.2.2.3. Estruturas expostas	42
2.3. Geodinâmica interna.....	46
2.3.1. Sismos.....	46
2.3.1.1. Metodologia.....	46
2.3.1.2. Susceptibilidade sísmica	47
2.3.1.3. Exposição ao perigo sísmico	49
2.4. Geodinâmica externa	57
2.4.1. Movimentos de massa em vertentes.....	57

2.4.1.1.	Tipos de movimentos de massa em vertentes identificados no concelho de Setúbal	57
2.4.1.1.1.	Desabamentos	57
2.4.1.1.2.	Deslizamentos.....	60
2.4.1.1.3.	Escoadas.....	64
2.4.1.2.	Inventário dos movimentos de massa em vertentes	65
2.4.1.3.	Identificação e cartografia dos factores condicionantes da instabilidade das vertentes	67
2.4.1.4.	Avaliação, zonamento e validação das áreas sujeitas ao perigo de instabilidade de vertentes com base na aplicação do método do <i>Valor Informativo</i>	72
2.4.1.5.	Seleção das zonas que devem integrar a Reserva Ecológica Nacional na tipologia “Áreas de instabilidade de vertentes”	77
2.4.1.6.	Elementos expostos nas áreas de instabilidade de vertentes	83
2.4.2.	Erosão costeira.....	84
2.4.2.1.	Galgamentos oceânicos (zonas ameaçadas pelo mar).....	84
2.4.2.2.	Instabilidade das arribas	85
3.	Riscos mistos.....	88
3.1.	Incêndios florestais.....	88
3.2.	Contaminação do solo	93
3.3.	Degradação e contaminação de aquíferos	95
3.3.1.	Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos	95
3.3.1.1.	Enquadramento.....	95
3.3.1.2.	Metodologia.....	96
3.3.2.	Potencial de degradação e contaminação de aquíferos	100
4.	Riscos tecnológicos	102
4.1.	Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves.....	102
4.2.	Incêndios em edifícios	107
4.3.	Potencial de acidentes industriais	110
4.4.	Potencial de acidente no transporte de substâncias perigosas	115
5.	Zonamento Multi-perigo.....	117
5.1.	Metodologia	117
5.2.	Caracterização territorial.....	117
5.2.1.	Susceptibilidade sísmica	117
5.2.2.	Susceptibilidade de inundação por tsunami	118
5.2.3.	Cheias e inundações	118

5.2.4.	Movimentos de massa em vertentes.....	119
5.2.5.	Erosão litoral	119
5.2.6.	Incêndios florestais	119
5.2.7.	Poluição do solo	119
5.2.8.	Acidentes tecnológicos.....	120
6.	Equipamentos, infra-estruturas e sistemas que asseguram a segurança e proteção civil 122	
7.	Propostas de integração dos riscos no modelo territorial: medidas de gestão e de carácter regulamentar	126
8.	Referências bibliográficas.....	132

Índice de Figuras

Figura 1 - Nevoeiro de radiação no Parque de Vanicelos (Setúbal). Foto gentilmente cedida pelo Prof. Pedro Tildes Gomes (http://geographicae.wordpress.com/2008/01/21/nevoeiros-de-irradiacao-no-parque-de-vanicelos-setubal).....	11
Figura 2 - Susceptibilidade à ocorrência de nevoeiros.....	14
Figura 3 - Susceptibilidade à ocorrência de ondas de calor.	18
Figura 4 - População residente no concelho de Setúbal, por subsecção estatística e lugar estatístico (Censos 2001).....	20
Figura 5 - População idosa no concelho de Setúbal, por subsecção estatística e lugar estatístico(Censos 2001).....	20
Figura 6 - Percentagem de população idosa relativa ao total de residentes em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).	21
Figura 7 - Susceptibilidade de ocorrência de vagas de frio.....	25
Figura 8 - Velocidades do vento estimadas a 10 m de altura, para uma situação de vento forte (7 m/s) de Noroeste (a) e Sudoeste (b), hipoteticamente registado em Azeitão (canto superior esquerdo), num local de rugosidade aerodinâmica $z_0 = 0.05$ m.	28
Figura 9 - Classes de susceptibilidade aos ventos de Noroeste e Sudoeste, superiores a 7 m/s, em Setúbal.....	29
Figura 10 - “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para o período de retorno de 100 anos” (realizado pela PROCESL, Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda., 2011; C. M. Setúbal).	32
Figura 11 - Zonas ameaçadas por cheias (ZAC) no âmbito da REN, no concelho de Setúbal. ..	36
Figura 12 - Localização das principais falhas a SW de Portugal continental.	39
Figura 13 - Limites de inundação máxima no Sado (Fonte dos dados: Projecto SCHEMA).	41
Figura 14 - Limites de inundação máxima em Setúbal (Fonte dos dados: Projecto SCHEMA).	42
Figura 15 - painel superior: distribuição do tipo de edificado; painel inferior: cenário de estragos.....	45
Figura 16 - Parques de estacionamento e marinas que se encontram dentro da área inundada pelo cenário de inundação calculado por HIDROMOD.	45
Figura 17 - Susceptibilidade sísmica no município de Setúbal.....	48
Figura 18 - Percentagem de edifícios construídos antes de 1986 relativa ao total do edificado em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).....	50
Figura 19 - Percentagem de edifícios de tipo B relativa ao total do edificado em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).	51
Figura 20 - Percentagem de jovens e idosos relativa ao total de residentes em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).	52
Figura 21 - Principais tipos de movimentos de vertente da classificação de Cruden & Varnes, 1996 (adaptado de Highland & Bobrowsky, 2008).....	58
Figura 22 - Blocos desabados no limite norte da praia do Portinho da Arrábida.....	59
Figura 23 - Blocos desabados junto à Estrada R-379-1, a SW da Aldeia da Piedade.....	60
Figura 24 - Movimentos de massa antigos e mal conservados de tipo deslizamento / desabamento na Serra de S. Francisco.	61
Figura 25 - Deslizamento rotacional na área de Picheleiros, em terrenos predominantemente margosos de idade paleogénica.	62

Figura 26 - Deslizamento translacional superficial próximo de Vale da Rasca, na formação de argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale da Rasca (Kimeridgiano e Titoniano).....	63
Figura 27 - Escoada de detritos na vertente norte do anticlinal do Formosinho.	64
Figura 28 - Inventário de movimentos de massa em vertentes no concelho de Setúbal.	66
Figura 29 - Declive classificado.....	69
Figura 30 - Exposição classificada.....	70
Figura 31 - Curvatura Plana classificada.....	70
Figura 32 - Wetness Index (Inverso) classificado.	71
Figura 33 - Unidades litológicas (Legenda: ver Quadro 18).....	71
Figura 34 - Uso do solo (Legenda: ver Quadro 18).	72
Figura 35 - Curva de Sucesso do modelo de susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes. Classes de Susceptibilidade: I – Muito elevada; II – Elevada; III – Moderada; IV – Reduzida; V – Muito reduzida.	76
Figura 36 - Susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes.	77
Figura 37 - Vertentes necessárias para validar 70% dos movimentos do inventário, para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.....	79
Figura 38 - Deslizamentos e respectivas faixas de segurança, para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.	80
Figura 39 - Escarpas (declive > 45°), para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.....	81
Figura 40 - Áreas de Instabilidade de Vertentes da Reserva Ecológica Nacional (REN Bruta). 82	
Figura 41 - Zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos, no concelho de Setúbal.	85
Figura 42 - Arribas e respectivas faixas de protecção no concelho de Setúbal.....	86
Figura 43 - Inventário de movimentos de massa nas arribas do concelho de Setúbal.	87
Figura 44 - Perigosidade de incêndio florestal no concelho de Setúbal.....	92
Figura 45 - Localização de focos potencialmente contaminadores do solo.	94
Figura 46 - Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos no âmbito da REN, no concelho de Setúbal.....	100
Figura 47 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por ano de ocorrência no município de Setúbal (2004 - 2010).....	102
Figura 48 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por mês de ocorrência no município de Setúbal (2004 - 2010).....	103
Figura 49 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por natureza do acidente no município de Setúbal (2004 - 2010).....	104
Figura 50 - Rede viária e distribuição dos acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves (2004 - 2010).....	105
Figura 51 - Percentagem de acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por freguesia do município de Setúbal (2004 - 2010).....	106
Figura 52 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por freguesia do município de Setúbal (2004 - 2010).....	106
Figura 53 - Incêndios em edifícios no município de Setúbal (2006 - 2011).....	108
Figura 54 - Percentagem de incêndios em edifícios por freguesia do município de Setúbal (2006 - 2011).....	108

Figura 55 - Percentagem de incêndios em edifícios por ano de ocorrência no município de Setúbal (2006 - 2011).	109
Figura 56 - Percentagem de incêndios em edifícios por mês de ocorrência no município de Setúbal (2006 - 2011)	110
Figura 57 - Gasoduto e estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas.	112
Figura 58 - Carta de risco da Península da Mitrena (ANPC, 2011).	114
Figura 59 - Carta de estruturas potencialmente afectadas por níveis de risco elevado, moderado e reduzido (ANPC, 2011).	114
Figura 60 - Carta Multi-perigo do Concelho de Setúbal.	121
Figura 61 - Carta de Equipamentos de Saúde e de Agentes de Protecção Civil e Zonas de Evacuação no Concelho de Setúbal.	124

Índice de Quadros

Quadro 1 - Dias com nevoeiro nas estações meteorológicas de Setúbal e Setúbal/Setenave. (Fonte: IM, IP).	12
Quadro 2 - Dias quentes e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval e Lisnave. (Fontes: National Climatic Data Center e Administração do Porto de Setúbal).	16
Quadro 3 - Número médio de dias com temperatura máxima acima de 30°C e mínima acima de 20°, na estação de Setúbal (1971-2000).	17
Quadro 4 - Exposição da população às ondas de calor (dados do Censos 2001).	22
Quadro 5 - Dias frios e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval e Lisnave.	23
Quadro 6 - Número médio de dias com temperatura inferiores ou iguais a 0 °C na estação de Setúbal (1971-2000). (Fonte: IM, http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/019/ , acedido em 11/06/2012).	24
Quadro 7 - Exposição da população às vagas de frio (dados do Censos 2001).	26
Quadro 8 - Número de dias de “vento forte” na estação de Trem Naval. Fonte: Administração do Porto de Setúbal.	27
Quadro 9 - Matriz de susceptibilidade ao vento forte de Noroeste e de Sudoeste, em Setúbal. .	29
Quadro 10 - Edificado e população residente em zonas ameaçadas por cheias, por freguesia do concelho de Setúbal (Censos 2001).	38
Quadro 11 - Falhas consideradas para os 3 cenários testados no projecto SCHEMA.	39
Quadro 12 - Tipologia do edificado dependendo da sua resistência e capacidade da construção.	43
Quadro 13 - Níveis dos estragos no edificado.	44
Quadro 14 - Susceptibilidade sísmica nas freguesias do Concelho de Setúbal, expresso por percentagem do território da freguesia.	48
Quadro 15 - Elementos expostos por classe de sismicidade, relativos aos totais por freguesia. .	54
Quadro 16 - Elementos expostos por classe de sismicidade, relativos aos totais do concelho. ..	56
Quadro 17 - Parâmetros morfométricos dos tipos de movimentos de massa em vertentes inventariados no concelho de Setúbal.	65
Quadro 18 - Valores Informativos das classes das 7 variáveis consideradas para avaliar a susceptibilidade aos movimentos de massa em vertentes.	75
Quadro 19 - Área abrangida (%) pelas classes de susceptibilidade no concelho de Setúbal.	79
Quadro 20 - Áreas de instabilidade de vertentes no âmbito da REN, por freguesia.	82
Quadro 21 - Edificado e população residente em áreas de instabilidade de vertentes, por freguesia do concelho de Setúbal (Censos 2001).	83
Quadro 22 - Perigosidade de incêndio florestal no concelho de Setúbal, por freguesia.	92
Quadro 23 - Focos de contaminação potencial dos solos, por freguesia do concelho de Setúbal.	94
Quadro 24 - Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos no âmbito da REN, por freguesia.	100
Quadro 25 - Estabelecimentos do município de Setúbal com presença de substâncias perigosas (Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de Agosto) (Fonte: APA, 2019).	111

Quadro 26 - Equipamentos do município de Setúbal que asseguram a segurança e a protecção civil..... 125

1. Introdução

A Avaliação e Cartografia de Riscos Naturais, Mistos e Tecnológicos no Concelho de Setúbal que agora se apresenta pretendem contribuir para a realização de um Plano Director Municipal de 2ª geração para o município de Setúbal com preocupações ambientais reforçadas e com níveis de exigência elevados, tendo como ambição a qualificação e a valorização territorial e a salvaguarda da segurança das pessoas e dos bens.

No respeito pelos princípios essenciais preconizados pelo PNPOT, o novo modelo de estrutura espacial do território municipal deverá contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos seus residentes e visitantes, salvaguardando um espaço sustentável e bem ordenado, traduzido na prevenção dos riscos naturais, tecnológicos e mistos.

O trabalho de Elaboração da Carta de Riscos Naturais e Tecnológicos do Concelho de Setúbal está em consonância com as orientações preconizadas no PROT-AML. Com efeito, os objectivos para a região no domínio da prevenção e gestão de riscos têm subjacente a salvaguarda da prevenção e minimização dos efeitos e actividades perigosos, garantindo o direito à segurança das populações e dos bens e à qualidade do ambiente. Em conformidade, a orientação estratégica de base territorial no domínio dos Riscos e da Protecção Civil consiste em Evitar ou Mitigar os Riscos, particularmente nas situações que podem implicar a perda de vidas humanas e/ou elevados prejuízos materiais.

Neste trabalho são adoptados o esquema conceptual do risco, a terminologia e os procedimentos metodológicos expressos no “Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal”, editado pela ANPC em Setembro de 2009. São ainda tomadas em consideração as orientações expressas no “Manual para a Elaboração, Revisão e Análise de Planos Municipais de Ordenamento do Território na Vertente da Protecção Civil”.

No que respeita à informação censitária explorada neste documento ela reporta os dados do Censo 2001, por serem os que se encontravam completos e disponíveis à data da realização do trabalho de análise (Julho de 2012).

2. Riscos naturais

2.1. Condições meteorológicas adversas

2.1.1. Nevoeiro

A ocorrência de nevoeiro no concelho de Setúbal é significativamente influenciada pela presença da Serra da Arrábida no sector ocidental. O nevoeiro de advecção, muito frequente durante as madrugadas e manhãs de Verão na costa ocidental portuguesa e que avança por vários quilómetros para o interior a norte do Cabo da Roca, confina-se a uma estreita faixa litoral na península de Setúbal devido ao abrigo exercido pela Serra da Arrábida face à progressão das massas de ar marítimo para o interior. O único documento que aborda a distribuição e a génese do nevoeiro em Portugal Continental (Daveau *et al.*, 1985) assinala, no concelho de Setúbal, essencialmente a ocorrência de nevoeiro na área do estuário do Sado. Trata-se de nevoeiro característico de áreas topograficamente mais deprimidas, resultante quer da irradiação local como da acumulação de ar arrefecido e denso que desliza por gravidade das áreas mais elevadas envolventes (**Figura 1**).



Figura 1 - Nevoeiro de radiação no Parque de Vanicelos (Setúbal). Foto gentilmente cedida pelo Prof. Pedro Tildes Gomes (<http://geographicae.wordpress.com/2008/01/21/nevoeiros-de-irradiacao-no-parque-de-vanicelos-setubal>).

Ocorre sobretudo entre o Outono e a Primavera, durante as noites de céu limpo e estabilidade atmosférica.

2.1.1.1. Susceptibilidade à ocorrência de Nevoeiro

Para o concelho de Setúbal apenas se possuem dados mensais das estações de Setúbal (localizada a 35 m de altitude), entre 1953 e 1988, e de Setúbal/Setenave (4 m), entre 1974 e 1988. De acordo com as observações nas duas estações (**Quadro 1**), o fenómeno é relativamente comum, ocorrendo quase todos os anos, mas num reduzido número de dias: em média, entre 10 e 17 dias por ano, tendo-se registando no máximo 28 dias num ano. O fenómeno ocorre, essencialmente, entre o Outono e a Primavera e, em média, em menos de três dias por mês. Nos períodos analisados o número máximo de dias de nevoeiro registado num mês não ultrapassou 8 dias.

Quadro 1 - Dias com nevoeiro nas estações meteorológicas de Setúbal e Setúbal/Setenave. (Fonte: IM, IP).

	Setúbal (1953-1988)			Setúbal / Setenave (1974-1988)		
	Nº médio	Nº (%) de anos	Nº máximo	Nº médio	Nº (%) de anos	Nº máximo
Ano	10.1	97.2	28	17.1	100.0	22
Janeiro	2.5	86.1	8	2.7	80.0	7
Fevereiro	1.3	55.6	8	2.1	86.7	7
Março	1.1	52.8	7	1.6	71.4	4
Abril	0.2	16.7	2	0.8	50.0	2
Maior	0.1	8.3	1	0.2	21.4	1
Junho	0.2	8.3	3	0.5	33.3	3
Julho	0.2	16.7	2	0.2	20.0	1
Agosto	0.2	11.1	3	0.8	46.7	4
Setembro	0.5	25.0	4	1.9	86.7	5
Outubro	1.0	52.8	4	1.9	80.0	4
Novembro	1.0	52.8	5	2.5	78.6	6
Dezembro	1.9	77.8	6	2.0	73.3	6

Deve destacar-se que na estação mais próxima do Estuário (Setúbal/Setenave), o período de maior frequência de dias de nevoeiro é mais prolongado. Aqui registou-se em mais de 70% dos anos entre Setembro e Março, enquanto em Setúbal, estação

localizada a norte da cidade, a ocorrência centra-se essencialmente nos meses de Dezembro e Janeiro. A diferença entre as duas estações denota a importância de factores como a ocupação dominante do solo na área envolvente, cujas características podem atenuar o arrefecimento radiativo e dificultar o escoamento do ar frio, como no caso de uma ocupação urbana, sobretudo se for de grande densidade; a proximidade do estuário e a posição topográfica, são outros aspectos a ter em conta. No período mais quente do ano, a diferença entre as duas estações acentua-se: enquanto em Setúbal só esporadicamente se registou nevoeiro, na Setenave, entre Maio e Julho o fenómeno ocorreu em mais de 20% dos anos e, em Agosto, em quase 50%.

Não existem observações sistemáticas para outras áreas do concelho, mas estudos de clima local levados a cabo por Alcoforado *et al.* (1993) e Mora (1998) na Serra da Arrábida revelaram a frequente ocorrência de nevoeiro em noites anticiclónicas nos fundos dos vales interiores, abrigados do vento regional e sujeitos à acumulação de ar frio oriundo das áreas mais elevadas.

Apesar de alguma incerteza decorrente da insuficiente cobertura e densidade da rede de observações, julga-se que as áreas mais baixas e menos densamente urbanizadas próximas do estuário do Sado, os fundos dos vales abrigados da Arrábida e o norte do Concelho (Vale da Ribeira de Coia e seus principais afluentes da margem direita) apresentam uma susceptibilidade “Moderada”. Nos outros locais a susceptibilidade é “Reduzida” (**Figura 2**).

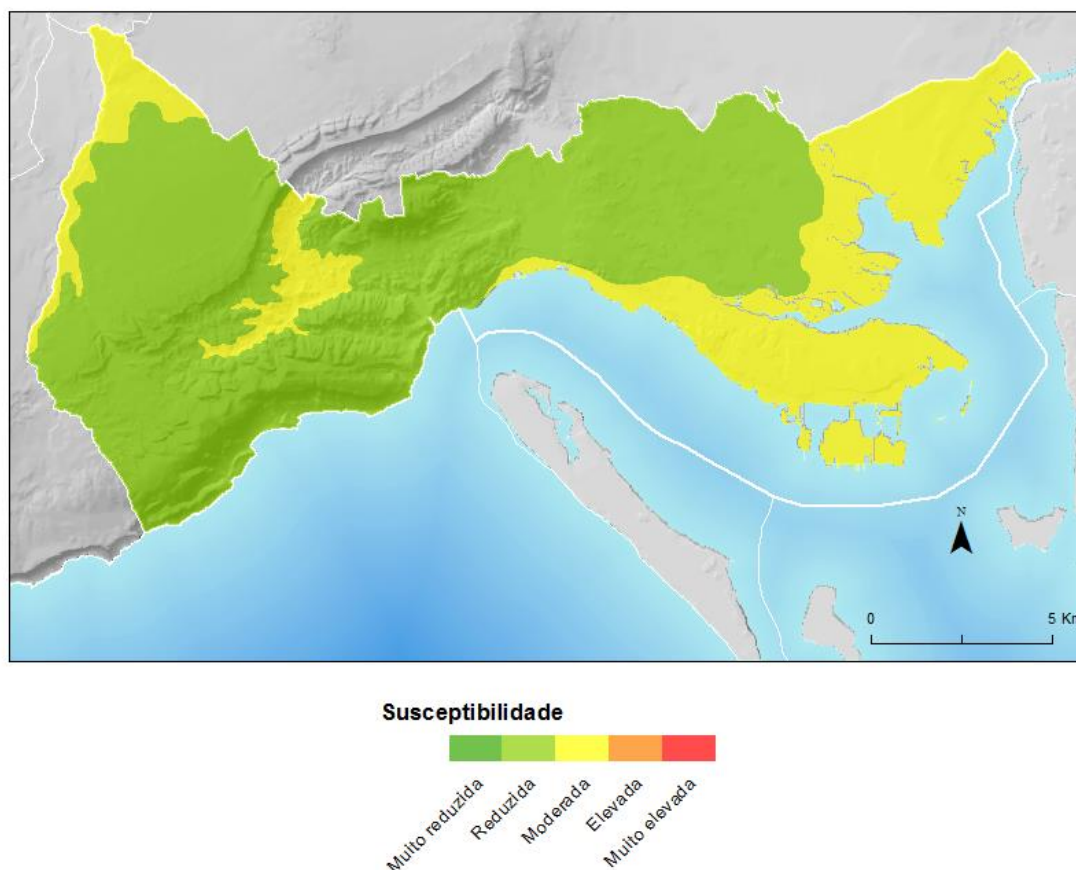


Figura 2 - Susceptibilidade à ocorrência de nevoeiros.

2.1.2. Ondas de Calor

As ondas de calor podem ter impactes nocivos nas condições de conforto e saúde das populações, sobretudo nos mais idosos e nas faixas etárias mais jovens. Uma onda de calor pode ser definida de várias formas, de acordo com os fins pretendidos. Uma das mais usuais é a adoptada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e difundida pelo Instituto de Meteorologia (IM), segundo a qual se considera que ocorre uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência (<http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/otempo.eoclima/onda.calor/index.html>). No entanto, esta definição “está mais relacionada com o estudo e a análise da variabilidade climática do que com os impactos na saúde pública” (DGS, 2010, p.18). De acordo com a Direcção Geral de Saúde (DGS) para que ocorra uma “onda de calor” e se proceda à

emissão de alerta amarelo são necessários 3 dias com temperatura máxima acima de 32 °C (1 dia de registo e 2 dias de previsão) e 4 dias com temperatura mínima acima de 24 °C (2 dias de registo e 2 dias de previsão). Neste trabalho não se podem aplicar os requisitos de previsão por estes não poderem ser incluídos na avaliação pretendida no estudo. No entanto, para a identificação e análise do perigo de ondas de calor no concelho de Setúbal adaptaram-se os limiares da DGS para a emissão de um alerta amarelo, que nos parece serem os mais adequados para aplicações ao conforto e saúde humana. Assim utilizaram-se os seguintes critérios:

- para a identificação de dias quentes:
 - a) temperatura máxima ≥ 32 °C; e
 - b) temperatura mínima ≥ 24 °C;
- para a definição dos episódios quentes:
 - c) dias isolados ou sequências de dias definidos pelos limiares descritos em a) e b).

Para o concelho de Setúbal apenas se dispõe de dados diários da temperatura registada entre Julho de 2009 e Dezembro de 2011 em duas estações meteorológicas da responsabilidade da Administração do Porto de Setúbal (APS), gentilmente cedidos por esta instituição. As estações meteorológicas mais próximas do concelho com séries de maior dimensão disponíveis são as do Montijo e de Sines, que integram a rede de observações do Instituto de Meteorologia, e cujos dados podem ser obtidos através do sítio electrónico do *National Climatic Data Center* (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.htm/>).

2.1.2.1. Susceptibilidade à ocorrência de Ondas de Calor

A análise segundo os critérios referidos anteriormente revela um número reduzido de dias de calor extremo. Entre 1998 e 2011, no Montijo apenas ocorreram 10 dias

“quentes” (**Quadro 2**) e em 3 dos 14 anos analisados. Só por duas vezes os episódios tiveram duração superior a 1 dia, tendo o de maior dimensão ocorrido durante 3 dias, em Julho de 2004. O valor mais elevado de temperatura, 42 °C, foi atingido no episódio de dois dias registado em Agosto de 2003, durante a onda de calor que atingiu Portugal Continental. Já em Sines, o efeito amenizador do oceano reduz substancialmente a ocorrência deste perigo, tendo-se registado apenas um dia quente durante todo o período. Não obstante a temperatura máxima ter sido superior a 32 °C em diversos dias, a temperatura mínima foi sempre inferior a 24 °C. Ou seja, apesar de no período diurno os dias quentes serem frequentes na região, as noites têm temperaturas mais baixas do que o limiar adoptado.

Conforme se referiu anteriormente, do concelho apenas se possuem dados diários a partir de Julho de 2009 das observações efectuadas nas estações meteorológicas automáticas da APS, Trem Naval e Lisnave, localizadas na margem do rio Sado. Fica, no entanto, o registo da ausência de qualquer dia de calor extremo em ambas as estações (**Quadro 2**). Porém, tal como se observou em Sines, deve-se realçar que se registou um elevado número de dias com temperatura máxima acima dos 32 °C: 28 na Lisnave e 19 no Trem Naval; contudo, só num desses dias a temperatura mínima se aproximou do limiar adoptado na presente classificação, e em 21 dias na Lisnave e em 14 dias no Trem Naval ficou, mesmo, aquém dos 20 °C.

Quadro 2 - Dias quentes e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval e Lisnave. (Fontes: National Climatic Data Center e Administração do Porto de Setúbal).

Estação meteorológica	Período	Dias quentes (número)	Episódios de dias quentes (número)			
			Total	Dimensão do episódio (nº de dias)		
		Total		1	2	3
Montijo	1998-2011	10	7	5	1	1
Sines	1998-2011	1	1	1		
Trem Naval	2009-2011	0				
Lisnave	2009-2011	0				

Alguns valores médios registados na estação meteorológica de Setúbal, do Instituto de Meteorologia, no período 1971-2000, podem ser consultados no seu sítio electrónico

(<http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/019/>). Os dados ali apresentados indiciam algo semelhante ao verificado nas estações da APS: existe um elevado número de dias com temperatura máxima acima de 30 °C nos meses de Junho e Julho mas as temperaturas mínimas ficam em regra abaixo dos 25 °C (**Quadro 3**).

Quadro 3 - Número médio de dias com temperatura máxima acima de 30°C e mínima acima de 20°, na estação de Setúbal (1971-2000).

(fonte: IM, IP - <http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/019/>, acedido em 11/06/2012)

Temperatura	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima ≥30 °C	0	0	0,2	1,5	6,1	12,8	13	7,7	1,1	0	0	0
Mínima ≥20 °C	0	0	0	0	0	0,3	1,2	1,2	0,3	0	0	0

Os dados analisados traduzem de modo aproximado a ideia de que a ocorrência de eventos de calor extremo é pouco frequente. Há que realçar, no entanto, que a temperatura não é o único parâmetro climático envolvido no conforto e na saúde, sendo a fisiologia humana um sistema complexo que reage a outras variáveis, como a humidade, a radiação (solar e infravermelho térmico) e o vento.

Embora a ocorrência de episódios de calor tenha sobretudo um cariz regional, as características da ocupação do solo, como a densidade de urbanização ou a existência de manchas florestais, e a proximidade de significativas massas de água, como é o caso do estuário do Sado, potenciam ou atenuam localmente os seus efeitos. Diversos estudos de avaliação do conforto térmico, referidos em Alcoforado e Andrade (2006), revelam que as áreas urbanas mais densas e com piores condições de ventilação ou menos permeáveis à penetração de brisas marítimas, registam um empobrecimento das condições de conforto térmico durante os dias muito quentes.

Parecendo evidente que a proximidade do estuário do Sado exerce um efeito moderador na temperatura do ar na parte oriental do concelho, deve ter-se também em conta a densidade de urbanização e a morfologia da Serra da Arrábida, onde os estudos de climatologia local desenvolvidos por Alcoforado *et al.* (1993) e Mora (1998) revelaram condições particulares nos vales interiores: abrigados da influência do

estuário do Sado e do vento regional não raras vezes registam temperaturas máximas superiores a 40 °C.

Tendo em conta os dados de temperatura do ar analisados, a ocupação do solo e a topografia do concelho, pode-se considerar que a susceptibilidade às “ondas de calor” na maior parte do concelho de Setúbal é “Reduzida”, mas deve ser classificada como “Moderada” nas áreas densamente urbanizadas e nos vales interiores da Serra da Arrábida; deve ainda considerar-se a susceptibilidade como “Muito Reduzida” nas áreas com ocupação predominantemente “Florestal” (**Figura 3**).

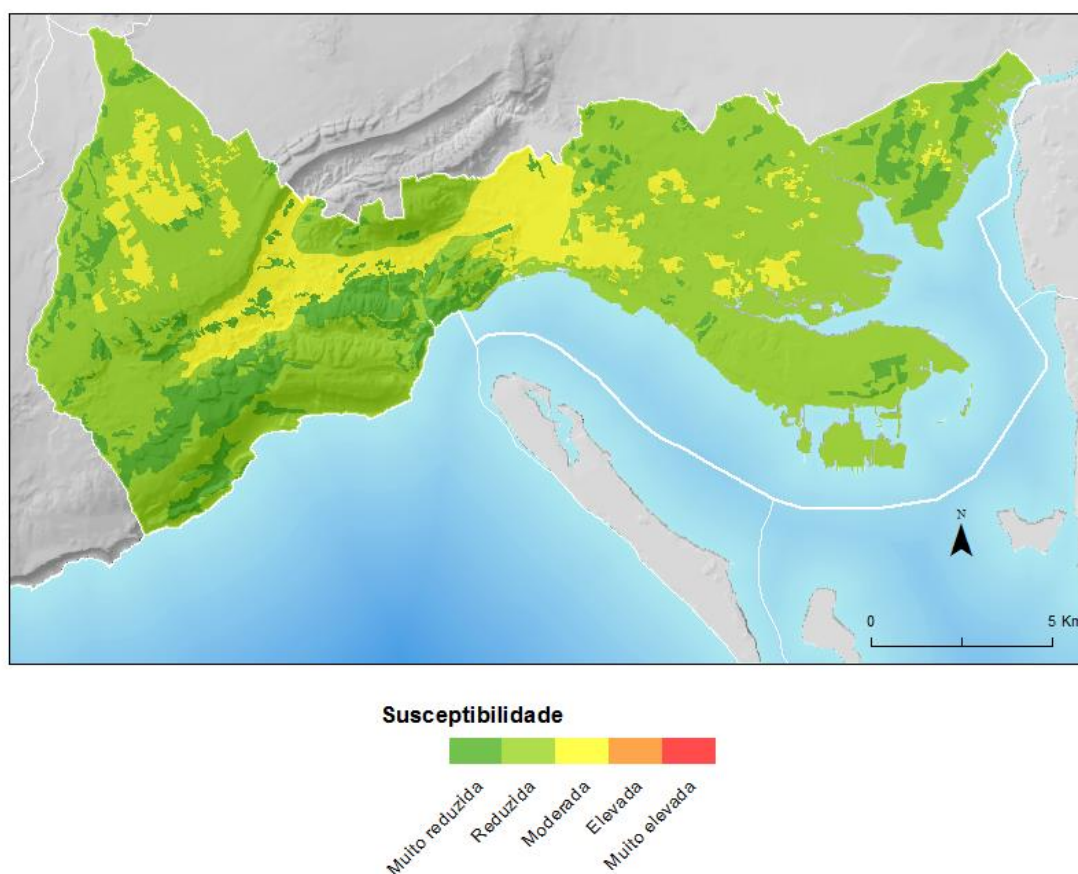


Figura 3 - Susceptibilidade à ocorrência de ondas de calor.

2.1.2.2. Exposição à ocorrência de Ondas de Calor

A susceptibilidade à ocorrência de ondas de calor no território concelhio de Setúbal é reduzida, de um modo geral, sendo moderada nas áreas densamente urbanizadas. Uma

vez que a população apresenta uma maior vulnerabilidade associada a ondas de calor, a análise da vulnerabilidade centrou-se nas populações mais débeis fisicamente para resistir às ondas de calor, neste caso, os idosos (idade ≥ 65 anos).

A **Figura 4** mostra a população residente em cada subsecção estatística do concelho de Setúbal, por lugar estatístico (Censos 2001). A classe 0 corresponde às subsecções sem residentes.

Na **Figura 5** está representada a população idosa residente em cada subsecção estatística, por lugar estatístico, em termos absolutos (Censos 2001).

A **Figura 6** é representativa da proporção da população idosa no total de residentes em cada subsecção, por lugar estatístico (Censos 2001).

As subsecções com maior número de residentes situam-se em lugares como Setúbal, Santo Ovídio, Brejos de Azeitão, *etc.*, onde o carácter urbano se faz sentir. Já as que apresentam um número mais elevado de idosos localizam-se essencialmente na cidade de Setúbal e nas suas franjas. O peso relativo da população idosa face à população residente faz-se sentir de forma mais acentuada nas subsecções da cidade de Setúbal e de Brejos de Azeitão.

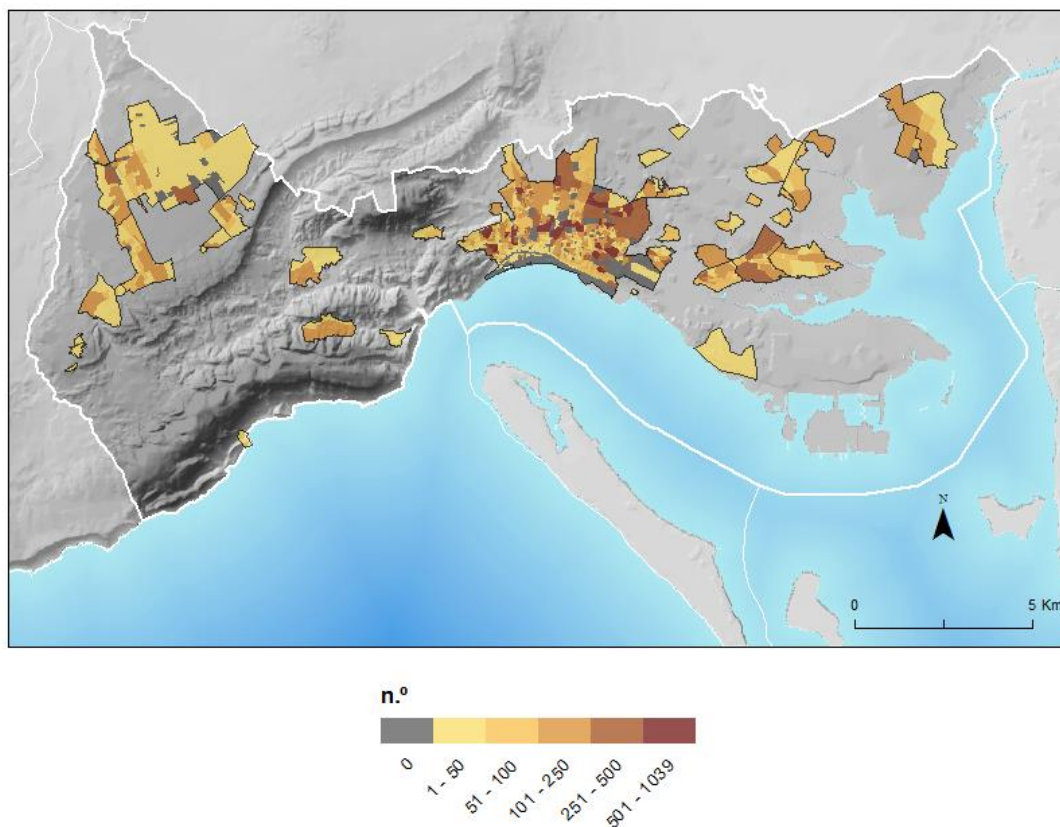


Figura 4 - População residente no concelho de Setúbal, por subsecção estatística e lugar estatístico (Censos 2001).

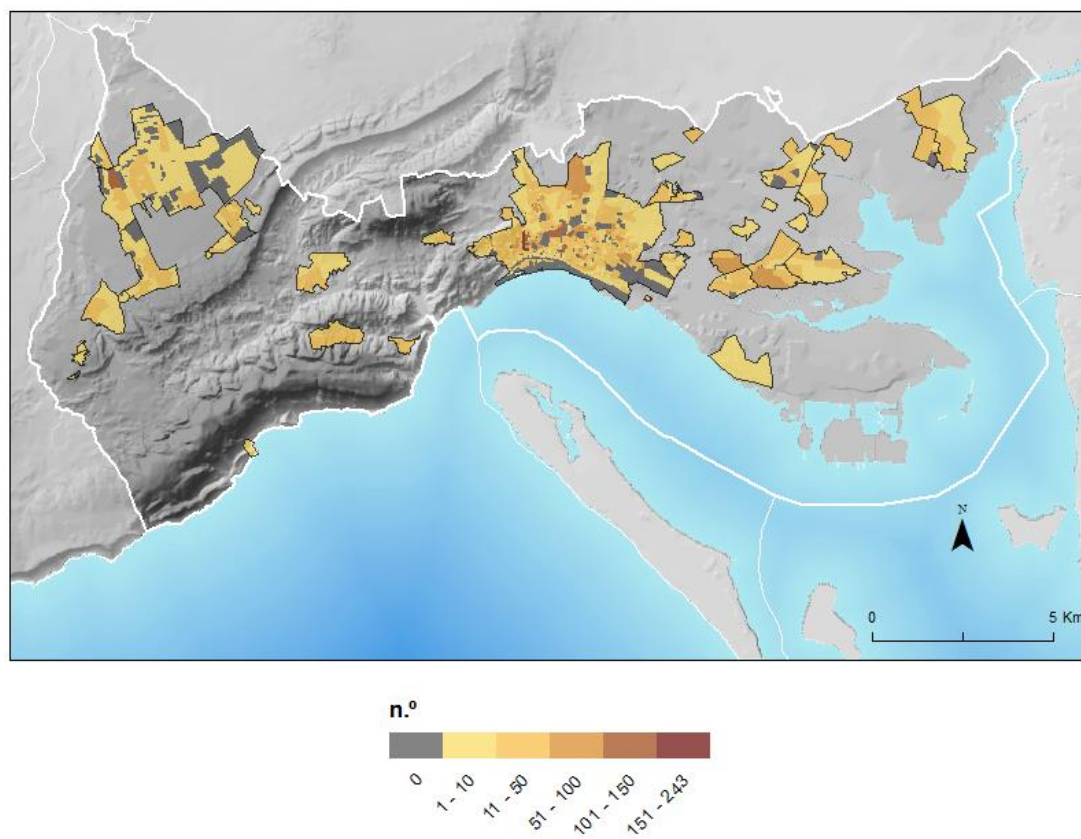


Figura 5 - População idosa no concelho de Setúbal, por subsecção estatística e lugar estatístico (Censos 2001).

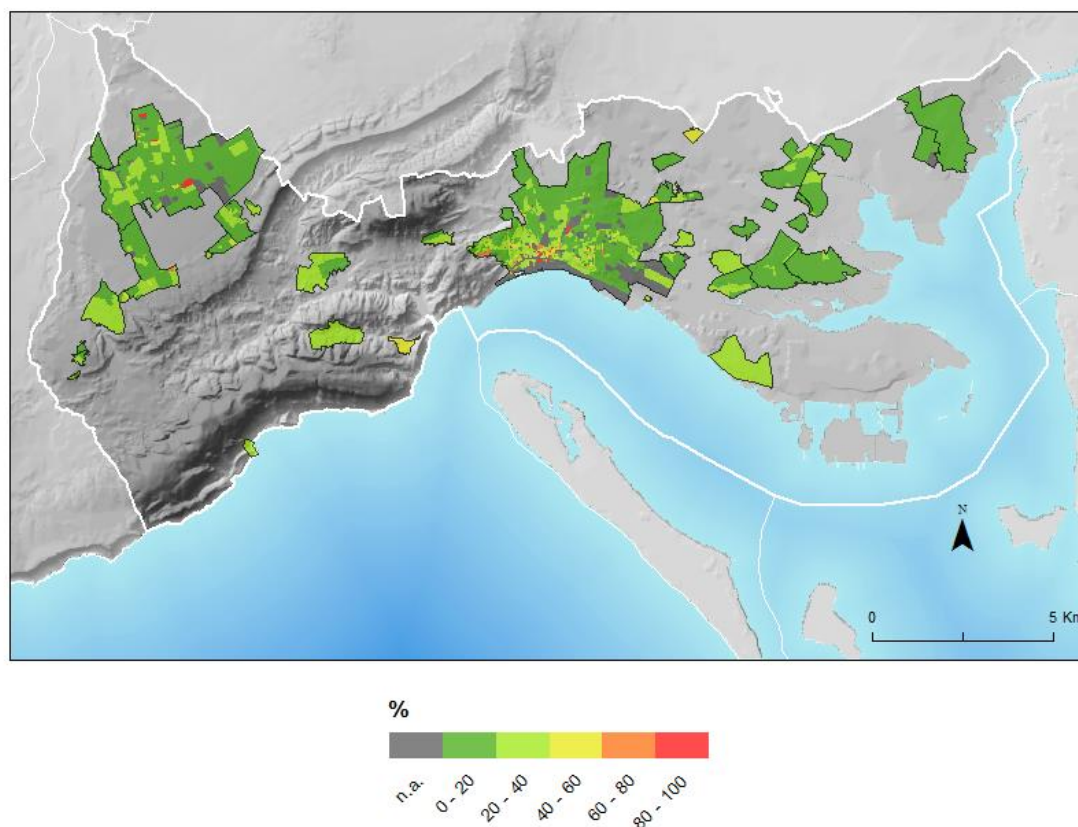


Figura 6 - Percentagem de população idosa relativa ao total de residentes em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).

No concelho de Setúbal cerca de 82% da população (dados do Censos 2001) reside em áreas de susceptibilidade moderada às ondas de calor. De igual modo, nestas áreas reside cerca de 84% da população com mais de 65 anos.

Quatro freguesias do concelho apresentam mais de 80 % da sua população residente exposta à classe de susceptibilidade moderada (**Quadro 4**): Nossa Senhora da Anunciada (83,7%), Santa Maria da Graça (99,8%), São Julião (98,5%) e São Sebastião (85,2%). Relativamente à população com idade ≥ 65 anos exposta a susceptibilidade moderada à ocorrência de ondas de calor, contabilizam-se 84,6% do total dos idosos residentes na freguesia de Nossa Senhora da Anunciada, 99,5% na de Santa Maria da Graça, 96,1% na de São Julião, e 88,9% na de São Sebastião.

Quadro 4 - Exposição da população às ondas de calor (dados do Censos 2001).

	População residente	População residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente exposta à classe de susceptibilidade "Moderada"	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos exposta à classe de susceptibilidade "Moderada"
	n.º			%	
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)	16092	3492	21,7	83,7	84,6
Setúbal (Santa Maria da Graça)	5340	1139	21,3	99,8	99,5
Setúbal (São Julião)	17070	2720	15,9	98,5	96,1
São Lourenço	8487	1214	14,3	62,7	61,6
Setúbal (São Sebastião)	52814	6333	12,0	85,2	88,9
São Simão	4598	624	13,6	67,8	58,9
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	4076	627	15,4	36,3	36,3
Sado	5457	676	12,4	58,9	60,3

2.1.3. Vagas de Frio

Tal como as ondas de calor, as vagas de frio podem ter consequências na saúde e no conforto dos indivíduos, com impactes sociais e económicos durante, ou mesmo, depois da sua ocorrência. Segundo o IM e a OMM, considera-se uma vaga de frio quando num período de 6 dias consecutivos a temperatura mínima do ar é inferior em 5°C ao valor médio das temperaturas mínimas diárias no período de referência. Também na presente avaliação se preferiu não adoptar este critério na medida em que, tal como nas ondas de calor, não se adapta a critérios de saúde e conforto dos indivíduos e ao facto de se poderem classificar “dias frios” fora da época mais fria do ano, mas sem consequências para os indivíduos. Dado que ainda não se encontra concluído o plano de emergência para as vagas de frio da DGS, decidiu-se considerar o limiar de frio utilizado pelo Instituto de Meteorologia para a emissão de alerta amarelo no distrito de Setúbal conjugado com um limiar de frequência da temperatura máxima diária.

A identificação e análise do perigo de vagas de frio no concelho de Setúbal baseou-se nos seguintes critérios:

- para a identificação de dias frios:
 - a) temperatura mínima $\leq 1^{\circ}\text{C}$; e
 - b) temperatura máxima inferior ao percentil 20;

- para a definição de episódios frios:

c) dias isolados ou sequências de dias definidos pelos limiares em a) e b).

2.1.3.1. Susceptibilidade à ocorrência de Vagas de Frio

Uma vez que não se possuem dados diários de estações da rede do IM para o concelho de Setúbal utilizaram-se as mesmas estações e períodos usados na análise das vagas de calor (**Quadro 2**). Tal como no caso dos episódios de calor extremo, o número de dias frios é reduzido. Entre 1998 e 2011, no Montijo ocorreram apenas 12 dias (**Quadro 5**), em 4 dos 14 anos analisados. O valor mais baixo atingido foi de -1 °C, em Janeiro de 2003, e os episódios de frio só por três vezes tiveram duração superior a 1 dia, tendo o de maior dimensão ocorrido durante 3 dias, em Janeiro de 2009. Os episódios registaram-se, essencialmente, no mês de Janeiro: apenas 3 dias ocorreram noutros meses – Dezembro, Fevereiro e Março.

Quadro 5 - Dias frios e dimensão dos episódios nas estações meteorológicas do Montijo, Sines, Trem Naval e Lisnave.

(Fontes: National Climatic Data Center e Administração do Porto de Setúbal)

Estação meteorológica	Período	Dias frios (número)	Episódios de dias frios (número)			
		Total	Total	Dimensão do episódio (nº de dias)		
				1	2	3
Montijo	1998-2011	12	8	5	2	1
Sines	1998-2011	9	8	7	1	
Trem Naval	2009-2011	3	3	3		
Lisnave	2009-2011	1	1	1		

Em Sines registaram-se 8 episódios de frio, que apenas em Janeiro de 2007 teve a duração de 2 dias. Tal como no Montijo, a maior parte dos dias ocorreram durante o mês de Janeiro: 7 dos 9 dias registados.

Nas estações de Setúbal, entre 2009 e 2011, registaram-se também alguns dias de frio: 3 no Trem Naval e 1 na Lisnave, correspondendo a dias isolados, todos durante o mês de Dezembro.

De acordo com a normal climatológica 1971-2000 (**Quadro 6**), é de esperar que possam ocorrer temperaturas negativas na área da estação meteorológica de Setúbal entre Dezembro e Fevereiro, em particular durante o mês de Janeiro, embora num reduzido número de dias.

Quadro 6 - Número médio de dias com temperatura inferiores ou iguais a 0 °C na estação de Setúbal (1971-2000).
(Fonte: IM, <http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/019/>, acedido em 11/06/2012)

Temperatura	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima ≤ 0 °C	4,1	1,2	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0,3	1,8

Noutras áreas do concelho, deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de episódios de frio nas áreas mais elevadas da Serra da Arrábida e nos seus vales interiores onde se podem atingir temperaturas negativas, em particular, durante as noites em que se registem condições de estabilidade atmosférica em consequência do arrefecimento radiativo e da acumulação de ar frio nos fundos dos vales, por acção da gravidade. Alcoforado *et al.* (1993), que entre Novembro de 1991 e Março de 1992 efectuaram 30 medições itinerantes em dois perfis paralelos entre Portinho da Arrábida/ Figueirinha e Vila Nogueira de Azeitão/Vila Fresca de Azeitão, notaram que no fundo do vale da Ribeira da Ajuda “(...) em cerca de 15% das noites de Inverno, a temperatura mínima foi inferior a 0 °C” (p. 227).

Em função dos elementos disponíveis julga-se que a susceptibilidade geral do concelho à ocorrência de vagas de frio é “Reduzida”, à excepção das depressões no interior da Serra da Arrábida, cuja topografia facilita a acumulação de ar frio, devendo-se considerar a susceptibilidade destas áreas como “Moderada” (**Figura 7**).

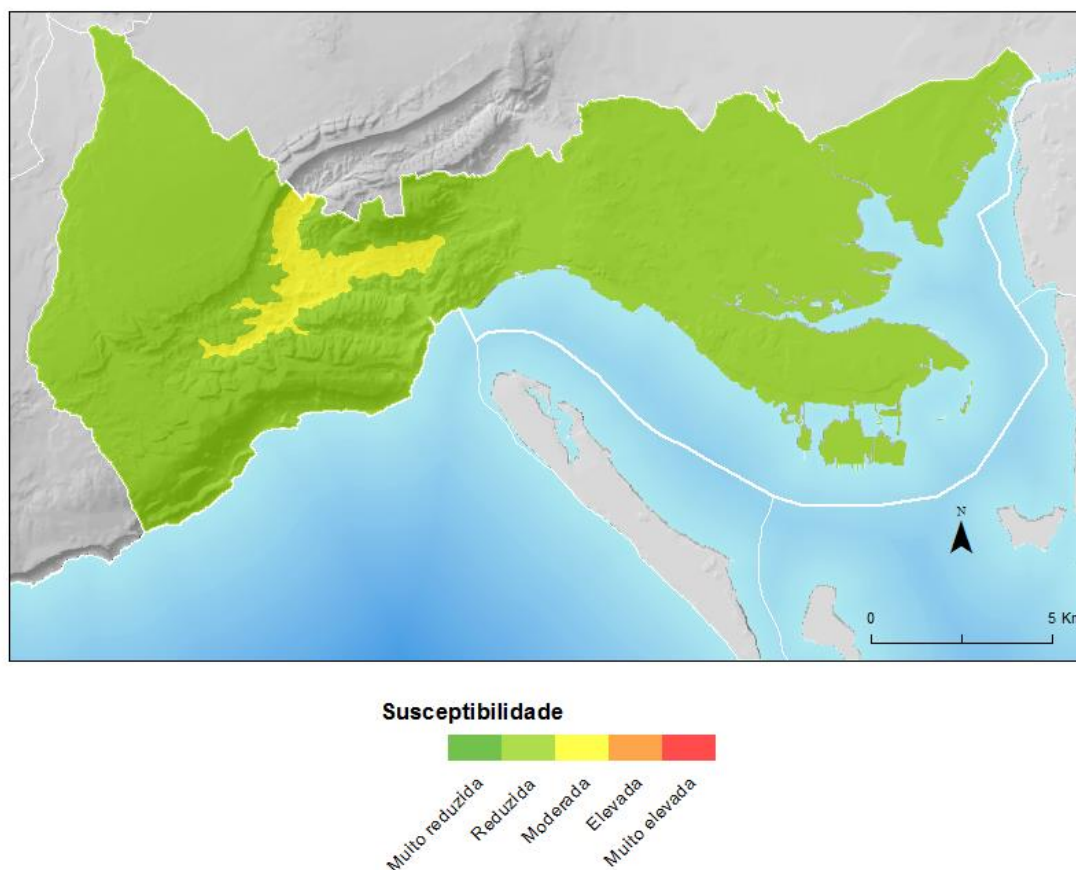


Figura 7 - Susceptibilidade de ocorrência de vagas de frio.

2.1.3.2. Exposição à ocorrência de Vagas de Frio

A susceptibilidade à ocorrência de vagas de frio no concelho de Setúbal é reduzida, de um modo geral, sendo moderada nas áreas deprimidas no interior da Serra da Arrábida. Uma vez que são as pessoas o elemento exposto com maior vulnerabilidade associada a vagas de frio, a análise da vulnerabilidade centrou-se nas populações mais débeis do ponto de vista físico, neste caso, os idosos (idade ≥ 65 anos).

No concelho de Setúbal cerca de 0,4% da população (dados do Censos 2001) reside em áreas de susceptibilidade moderada a vagas de frio, assim como cerca de 0,6% da população com mais de 65 anos.

Apenas 3 freguesias do concelho possuem população residente em áreas de susceptibilidade moderada (**Quadro 7**): Nossa Senhora da Anunciada (2,4%), São Lourenço (0,1%), e São Simão (1,1%). Relativamente à população com idade ≥ 65 anos

exposta a susceptibilidade moderada à ocorrência de vagas de frio, contabilizam-se 2,3% do total dos idosos residentes na freguesia de Nossa Senhora da Anunciada, 0,1% na de São Lourenço, e 2,1% na de São Simão.

Quadro 7 - Exposição da população às vagas de frio (dados do Censos 2001).

	População residente	População residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos	Percentagem da população residente exposta à classe de susceptibilidade "Moderada"	Percentagem da população residente com idade ≥ 65 anos exposta à classe de susceptibilidade "Moderada"
	n.º			%	
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)	16092	3492	21,7	2,4	2,3
Setúbal (Santa Maria da Graça)	5340	1139	21,3	0,0	0,0
Setúbal (São Julião)	17070	2720	15,9	0,0	0,0
São Lourenço	8487	1214	14,3	0,1	0,1
Setúbal (São Sebastião)	52814	6333	12,0	0,0	0,0
São Simão	4598	624	13,6	1,1	2,1
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	4076	627	15,4	0,0	0,0
Sado	5457	676	12,4	0,0	0,0

2.1.4. Susceptibilidade à ocorrência de Vento Forte

A análise da susceptibilidade de uma região ao vento forte necessita de dados de velocidade e direcções do fluxo à escala horária, para avaliar a persistência do vento médio, e sub-horária para estimar a intensidade das rajadas máximas horárias.

Segundo Lopes *et al* (2008b e c) a velocidade de 7 m/s (aproximadamente 25,2 km/h) é o valor a partir do qual se verificam as ocorrências de quedas de árvores em Lisboa. Noutro estudo sobre o conforto mecânico em túnel de vento (Lopes *et al*, 2008a) foi identificado o limiar crítico de 14 m/s (aproximadamente 50,4 km/h) como o valor em que mais de metades dos indivíduos que participaram nos ensaios tiveram muita dificuldade em se movimentar. Esses limiares serviram de base para a identificação de dias de “vento forte” (>7 m/s) e “muito forte” (14 m/s).

O conjunto de dados meteorológicos disponíveis para efectuar uma análise dos eventos de vento forte em Setúbal, é manifestamente insuficiente para se chegar a conclusões seguras. Apenas existem 2,5 anos de dados horários (**Quadro 8**) da estação do Trem

Naval, pertencente à Administração do Porto de Setúbal. Para além da série ser muito curta, a qualidade dos dados não é totalmente conhecida e por isso os resultados obtidos devem ser observados com todo o cuidado e apenas vistos com valor meramente informativo.

Quadro 8 - Número de dias de “vento forte” na estação de Trem Naval. Fonte: Administração do Porto de Setúbal.

Mês	Velocidade média superior a 7 m/s (25,2 km/h)					Velocidade média superior a 14 m/s (50,4 km/h)				
	2009	2010	2011	Total	%	2009	2010	2011	Total	%
Jan	--	13	7	22	35,5	--	2	0	2	2,2
Fev	--	13	11	24	42,9	--	1	1	2	3,6
Mar	--	11	9	20	32,3	--	1	0	1	1,6
Abr	--	7	11	18	30	--	0	0	0	0
Mai	--	20	6	26	41,9	--	0	0	0	0
Jun	--	14	9	23	38,3	--	0	0	0	0
Jul	--	17	22	39	62,9	--	0	0	0	0
Ago	11	8	14	33	37,5	0	0	0	0	0
Set	15	8	8	31	34,4	0	0	0	0	0
Out	6	9	7	22	23,7	1	1	3	5	5,4
Nov	13	11	14	38	42,2	0	0	0	0	0
Dez	17	16	4	37	39,8	2	2	0	4	4,3
Ano	62	147	122	333		3	7	4	14	
%	41,9	40,3	33,4	37,9		2	1,9	1,1	1,6	

Do total dos 3 anos analisados na estação meteorológica do Trem Naval, apenas no mês de Julho o número de dias de vento forte ultrapassa os 60%. No entanto, o número de dias de vento “muito forte”, com velocidade média superior a 50 km/h (≈ 14 m/s) foi substancialmente mais baixo, não ultrapassando 3,6% dos dias entre 2009 e 2011.

Para a análise da susceptibilidade à ocorrência de vento forte (>7 m/s) foi utilizado um *software* de modelação (WASP Eng), internacionalmente reconhecido para o estudo de ventos extremos. O modelo utiliza a topografia e as rugosidades aerodinâmicas das

superfícies, que foram obtidas a partir de um MDT (com resolução de 30m) e das classes de ocupação/uso do solo *GMES Urban Atlas* (Agência Europeia do Ambiente).

Segundo Lopes *et al.* (2008b e 2008c), a queda de árvores durante a ocorrência de ventos fortes pode constituir um bom indicador do risco associado a este perigo natural. Os autores, que têm estudado estes eventos desde 1990, em Lisboa, referem que as quedas ocorrem sobretudo quando o vento sopra forte (>7 m/s) de Sul e Sudoeste (58%) e Oeste e Noroeste (26%). Com base nestas direcções dominantes na região de Lisboa, foram estimados os ventos superiores a 7 m/s. Os resultados são apresentados na **Figura 8**.

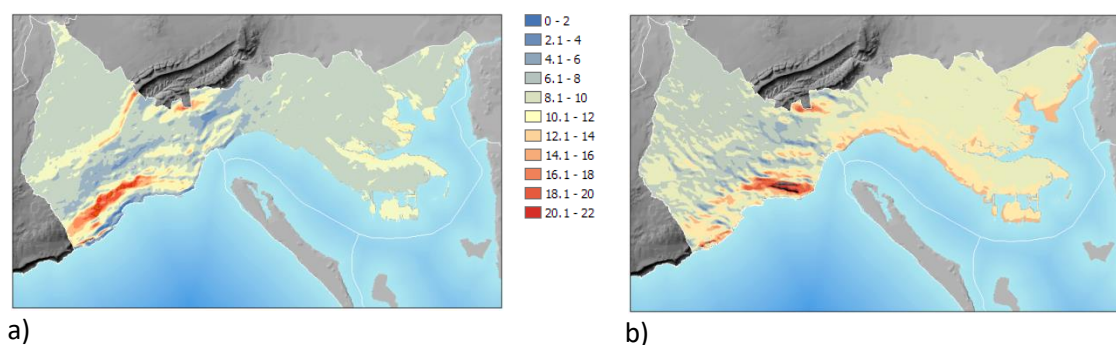


Figura 8 - Velocidades do vento estimadas a 10 m de altura, para uma situação de vento forte (7 m/s) de Noroeste (a) e Sudoeste (b), hipoteticamente registado em Azeitão (canto superior esquerdo), num local de rugosidade aerodinâmica $z_0 = 0.05$ m.

Para cada direcção foi classificada a susceptibilidade na área de estudo, de acordo com os limiares definidos anteriormente. Os locais com velocidade inferior a 7 m/s foram considerados de reduzida susceptibilidade; entre 7 e 14 m/s considerou-se susceptibilidade moderada; nos locais onde se verificam ventos muito fortes (> 14 m/s), a susceptibilidade foi considerada elevada. A susceptibilidade do Concelho de Setúbal aos ventos fortes resultou da combinação das classes determinadas para cada direcção (**Quadro 9**).

Como se pode observar na **Figura 9**, nos topos das serras da Arrábida, S. Luís, Louro e S. Francisco, mais desprotegidos e elevados, podem ocorrer fortes acelerações do vento, o que confere a estas áreas uma susceptibilidade “Elevada”. Nos locais mais abrigados onde a rugosidade aerodinâmica é maior (e o atrito impõe uma redução da velocidade do vento, por exemplo na cidade de Setúbal) e nos vales interiores da cadeia da

Arrábida, a susceptibilidade é “Reduzida”. A norte da Arrábida e na parte leste do Concelho, onde imperam as superfícies aplanadas e vegetação predominantemente herbácea, as velocidades não sofrem grandes modificações em relação à condição inicial, o que determina uma susceptibilidade “Moderada”.

Quadro 9 - Matriz de susceptibilidade ao vento forte de Noroeste e de Sudoeste, em Setúbal.

		Noroeste (m/s)		
		>14	7-14	<7
Sudoeste (m/s)	>14	Elevada	Elevada	Moderada
	7-14	Elevada	Moderada	Reduzida
	<7	Moderada	Reduzida	Reduzida

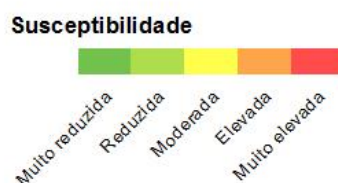
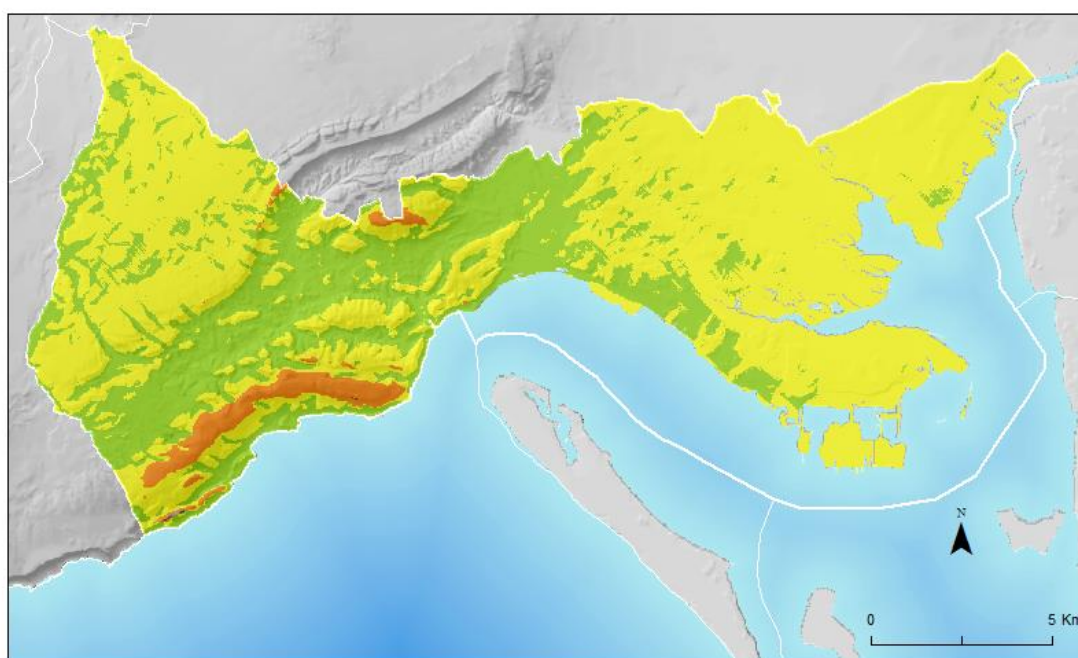


Figura 9 - Classes de susceptibilidade aos ventos de Noroeste e Sudoeste, superiores a 7 m/s, em Setúbal.

2.2. Hidrologia

2.2.1. Cheias e inundações (zonas ameaçadas pelas cheias)

2.2.1.1. Enquadramento

De acordo com o Decreto-Lei nº 115/2010, de 22 de Outubro, considera-se como Zonas Ameaçadas por Cheias (ZAC) não classificadas como zonas adjacentes, as áreas susceptíveis de inundação por transbordo de água do leito ordinário dos cursos de água devido à ocorrência de caudais elevados. As ZAC compreendem, assim, a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida, no caso de não existirem dados que permitam identificar a cheia centenária.

A delimitação das ZAC efectua-se de forma diferenciada em função do tipo de uso e ocupação do território:

- em áreas urbanas, em que as cheias podem provocar impactes negativos importantes, a sua delimitação deve ser efectuada através de estudos hidrológicos e hidráulicos que permitam o cálculo das áreas inundáveis com período de retorno de pelo menos 100 anos;
- em áreas não urbanas (agrícolas e/ou florestais dominantes) a delimitação das zonas inundáveis pode resultar apenas da representação da cota da maior cheia conhecida, determinada a partir da observação de marcas de cheia, registos de eventos históricos e dados cartográficos, e/ou da aplicação de critérios geomorfológicos, pedológicos e topográficos (alínea c), Secção III, Anexo 1, do DL nº 166/2008).

2.2.1.2. Metodologia

Originalmente, a delimitação das ZAC no concelho de Setúbal assentou na integração de dois documentos de origem e natureza distintas, os quais exigiram um esforço adicional de compatibilização de informação:

- a “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para o período de retorno de 100 anos”;

- a identificação de troços dos cursos de água de elevada susceptibilidade à ocorrência de cheias, e espacialização das respectivas áreas inundáveis, com base num modelo empírico de avaliação.

Adicionalmente, a delimitação das ZAC no concelho de Setúbal foi efetuada tomando em consideração a necessidade de garantir a coerência e compatibilidade territorial com a figura equivalente do concelho de Palmela, onde se situam os setores montante dos principais cursos de água que originam cheias em Setúbal.

Mais recentemente, no âmbito da construção de bacias de retenção nas bacias hidrográficas do Livramento e da Figueira (Gamita, Livramento e Figueira), foram redefinidas as zonas ameaçadas pelas cheias na zona urbana da baixa de Setúbal e na zona não urbana de Setúbal, pela ADUSASO Engenharia Lda (em anexo). Na área em questão, a ZAC proposta segue a delimitação sugerida pela ADUSASO.

A “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para o período de retorno de 100 anos” constitui o principal elemento da 2ª fase do “Plano de Drenagem Pluvial do Concelho de Setúbal” (Relatório Final), realizado pela PROCESL, Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda. (2011), à escala 1/10 000, com o apoio do modelo computacional HEC-RAS.

A carta elaborada no âmbito do “Plano de Drenagem Pluvial do Concelho de Setúbal” está especialmente focada nos cursos de água que escoam em áreas mais problemáticas do ponto de vista do comportamento hidráulico aquando da ocorrência de cheias (**Figura 10**). Por esse motivo, a referida carta não identifica todos os troços e respectivas áreas inundáveis passíveis de ser integradas na Reserva Ecológica Nacional (REN), pelo que foi necessário completar esta informação, incorporando um conjunto de troços adicionais.

Para isso, fez-se a avaliação da susceptibilidade à ocorrência de cheias em todo o concelho, procedendo-se, posteriormente, à harmonização dos resultados obtidos com aqueles que se encontram na “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para

o período de retorno de 100 anos” do “Plano de Drenagem Pluvial do Concelho de Setúbal”.

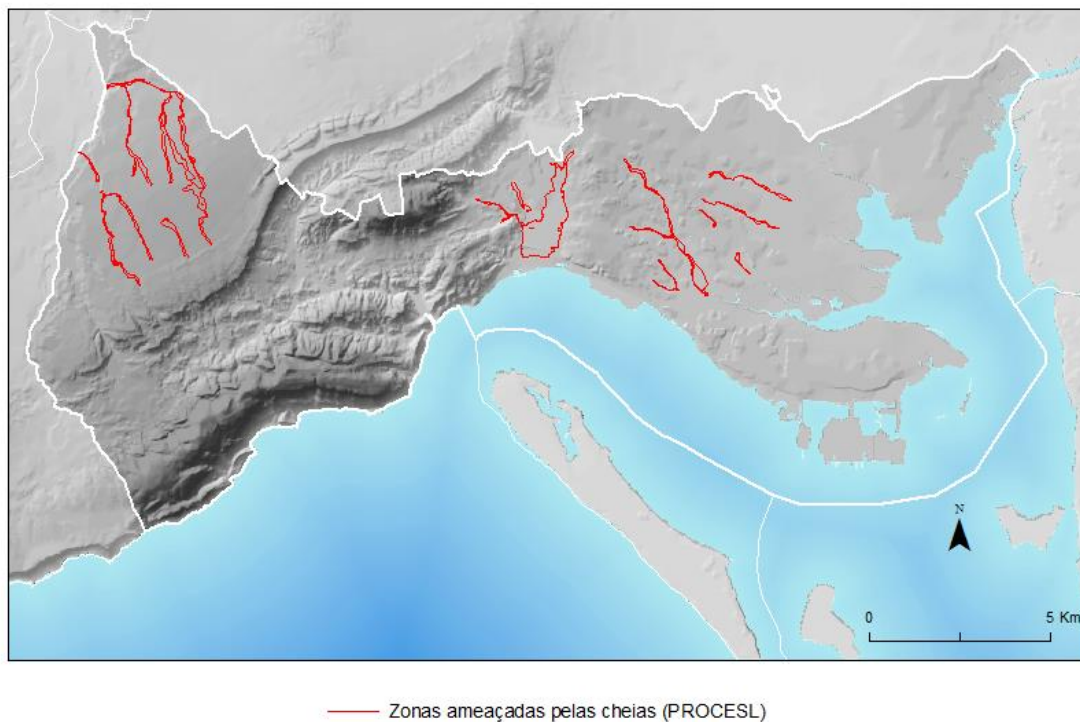


Figura 10 - “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para o período de retorno de 100 anos” (realizado pela PROCESL, Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda., 2011; C. M. Setúbal).

As áreas de drenagem para o interior ou no interior do concelho de Setúbal constituem bacias hidrográficas relativamente pequenas, em que o tempo de concentração não excede 6 horas. Neste sentido, estas bacias de drenagem podem originar cheias com velocidade de progressão rápida, em algumas áreas classificadas como de perigosidade elevada e, noutras, como de perigosidade média a elevada.

Nestas bacias, a ausência de dados hidrométricos ou a sua existência com séries de registos muito curtas, não possibilita um conhecimento fiável do comportamento hidrológico quanto à frequência e à magnitude das cheias. Este facto inviabiliza o cálculo de períodos de retorno associados a cada evento e impossibilita a calibração adequada de modelos hidrológicos mais complexos. Por este motivo, a análise das cheias deve, neste caso, ser encarada numa perspectiva de identificação das áreas susceptíveis de

inundação causadas por transbordo da água do leito de rios e ribeiras como consequência de caudais elevados, mas num espaço temporal não definido.

O modelo de susceptibilidade utilizado para a identificação das zonas ameaçadas por cheias baseou-se na integração de três tipos de factores, considerados relativamente constantes no tempo (Ramos *et al.*, 2008; Julião *et al.*, 2009; Ramos *et al.*, 2010; Reis, 2011):

- área de drenagem acumulada para cada unidade de terreno, ou seja, número de células que drenam para um determinado ponto da bacia hidrográfica;
- declive médio da área que drena para cada uma das unidades de terreno;
- valor médio da permeabilidade relativa composta da área que drena para cada uma das unidades de terreno; esta permeabilidade assume, para além da permeabilidade natural da litologia, os efeitos de impermeabilização resultantes das infraestruturas humanas.

De forma a manter a coerência do sistema fluvial, todas as variáveis foram, numa fase inicial, tratadas ao nível das bacias hidrográficas que drenam para o interior do município ou para fora deste, pelo que a área inicial de análise extravasou o limite concelhio. Assim, cada um dos valores, quer acumulado quer médio, presente em cada unidade de terreno (célula) reflecte as condições para montante até ao limite de cada bacia hidrográfica.

As três variáveis referidas permitem a construção de um modelo simples, mas eficaz, em que estão presentes os factores geomorfológicos mais relevantes na identificação de condições favoráveis à ocorrência de cheias. A área de drenagem fornece uma indicação do volume de água potencial recebido em cada unidade de terreno (célula); a permeabilidade composta dá uma noção da importância da água temporariamente retida no solo e subsolo da bacia hidrográfica, que não contribui, portanto, para o escoamento directo; e o declive médio traduz o dinamismo (velocidade) do escoamento da água. Os três factores, em conjunto, permitem avaliar as condições de resposta das

sub-bacias aos eventos pluviométricos e o fluxo acumulado potencial ao longo das bacias hidrográficas.

Como se constata, o modelo não utiliza variáveis relativas à precipitação e à ocupação do solo. Neste sentido, a precipitação é considerada um parâmetro constante ao longo das bacias hidrográficas pelo que este factor se encontra parcialmente representado pela área de drenagem acumulada em cada unidade de terreno. Não sendo objectivo do modelo o cálculo de períodos de retorno, a utilização da distribuição espacial da precipitação é, aqui, dispensável. Ademais, os tempos de concentração das diversas bacias e sub-bacias, de apenas algumas horas, não encontram correspondência adequada nas características de dados pluviométricos actualmente disponíveis para a área de estudo.

Por outro lado, o modelo assume a inexistência dos efeitos de intercepção e retenção por parte do coberto vegetal, devido às grandes alterações a que esta variável está sujeita em curtos espaços de tempo (plantações, desmate, corte, incêndios, etc.). A ocupação do solo é, então, aqui assumida como uma variável que, embora interfira no comportamento dos caudais de ponta, deve ser tratada como uma componente do ordenamento e gestão das bacias hidrográficas. Todavia, como foi referido anteriormente, os diferentes níveis de impermeabilização do território são tidos em consideração na cartografia da permeabilidade composta.

A metodologia utilizada na identificação das áreas mais susceptíveis à ocorrência de cheias e inundações seguiu um fluxo de trabalho baseado em 6 etapas principais, as quais funcionam, a partir do ponto iii, como um processo iterativo, até que se obtenham os resultados mais adequados à realidade:

- i. Cálculo dos valores das variáveis condicionantes para a totalidade das bacias hidrográficas que drenam para o concelho, por unidade de terreno (célula);
- ii. Cálculo dos valores acumulados e dos valores médios para as variáveis condicionantes, ao longo das bacias hidrográficas;
- iii. Integração das variáveis num modelo empírico, baseado numa combinação linear ponderada de variáveis;

- iv. Classificação do concelho de acordo com a susceptibilidade à ocorrência de cheias nos troços dos cursos de água;
- v. Identificação e cartografia das áreas inundáveis adjacentes aos troços considerados mais susceptíveis;
- vi. Validação dos resultados do modelo apoiada na observação de marcas ou registos de eventos históricos e de dados cartográficos, e em critérios geomorfológicos, sedimentológicos (incluindo a distribuição espacial das aluviões) e pedológicos (incluindo a presença de aluviossolos modernos).

Todavia, o conhecimento adquirido através dos levantamentos de campo permitiu detectar vários locais onde foi necessário efectuar ajustamentos nos resultados do modelo anterior. Estes desfasamentos encontram explicação nas características topográficas na área envolvente aos vales principais, com terrenos planos, cuja variação não consegue ser detectada a partir da informação altimétrica utilizada na elaboração do modelo (curvas de nível com equidistância de 5m). De forma a corrigir estes limites recorreu-se à utilização de ortofotomapas de elevada resolução (0,5m), apoiados pelo conhecimento do terreno, o que se traduziu, quase sempre, numa diminuição da área cartografada como inundável.

Posteriormente, fez-se a integração destas áreas inundáveis com as cartografadas na “Carta de Zonas Inundáveis do Concelho de Setúbal para o período de retorno de 100 anos” do “Plano de Drenagem Pluvial do Concelho de Setúbal”; na prática, respeitaram-se os limites destas últimas, completando-se apenas as áreas em falta.

A delimitação das zonas ameaçadas pelas cheias na zona estuário do Sado foi baseada numa shapefile incluída no Atlas “Zonas Inundáveis”, disponibilizado pela APA, correspondente a um estudo efetuado pelo LNEC para o INAG, na escala de 1:50000, com a delimitação das zonas de inundação do rio Sado para a cheia com período de retorno de 100 anos ou máxima cheia conhecida. Refira-se que nas áreas abrangidas pela inundação do estuário do Sado não foram assinaladas, em sobreposição, as zonas ameaçadas por cheia dos pequenos cursos de água afluentes do rio Sado, uma vez que

o DL 124/2019 não prevê usos e ações compatíveis distintos para zonas ameaçadas por cheias de cursos de água e zonas suscetíveis à inundação estuarina.

2.2.1.3. As zonas ameaçadas por cheias no concelho

As áreas ameaçadas por cheias, de acordo com as metodologias utilizadas, ocupam 71,78 km² no que respeita à inundação estuarina, a que se acrescentam 5,07 km² correspondentes a zonas ameaçadas por cheias rápidas associadas a outros cursos de água, que não o rio Sado (**Figura 11**).

A zona de inundação estuarina atinge a sua máxima expressão territorial nas freguesias do Sado e Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra. As zonas ameaçadas pelas cheias fora do contexto do estuário têm maior expressão nas freguesias de Azeitão (São Lourenço e São Simão) e Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra.

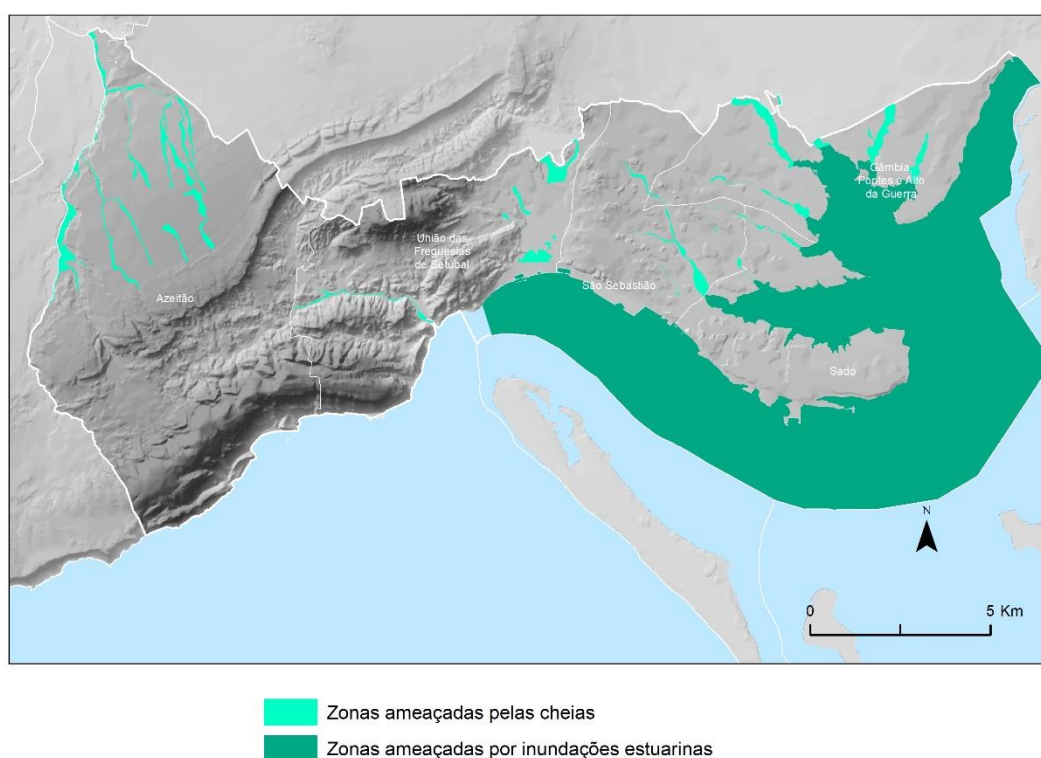


Figura 11 - Zonas ameaçadas por cheias (ZAC) no âmbito da REN, no concelho de Setúbal.

2.2.1.4. Elementos expostos nas zonas ameaçadas por cheias

Tal como para a sismicidade (ver secção 2.3.1.3), para avaliar os elementos expostos nas zonas ameaçadas por cheias recorreu-se a uma metodologia de cartografia dasimétrica baseada na interpolação zonal de polígonos sobrepostos (Goodchild and Lam, 1980). Deste modo, a população e o edificado expostos foram estimados pela sua proporção relativa à área que ocupam na classe (assumindo-se uma distribuição normal/homogénea) e tendo por base os dados da população e do edificado referentes ao Censos 2001, devidamente georreferenciados e desagregados à respectiva subsecção estatística. O resultado esperado é apenas uma aproximação à realidade, uma vez que o método assume que a distribuição espacial do edificado e da população é homogénea dentro de cada subsecção estatística. Adicionalmente, os limites concelhios utilizados pelo INE em 2001 não corresponderem aos actuais (2011), o que contribui também com algum ruído para os resultados finais. O **Quadro 10** sistematiza os resultados obtidos e mostra que cerca de 11% da população do concelho de Setúbal reside em zonas ameaçadas por cheias. Quanto ao edificado, 7,4% do total de edifícios localiza-se em zonas com essas características. Relativamente às freguesias, destaca-se a de Santa Maria da Graça, com cerca de 83% da sua população e 58% do seu edificado situados em zonas ameaçadas pelas cheias, seguida pela freguesia de São Julião com 27,2% e 41,9%, respectivamente. Por fim, merece ainda destaque a freguesia de Nossa Senhora da Anunciada com 16,3% da sua população e 8,0% do seu edificado nas mesmas condições.

Quadro 10 - Edificado e população residente em zonas ameaçadas por cheias, por freguesia do concelho de Setúbal (Censos 2001).

	População residente	Edifícios clássicos
	%	
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)	16,3	8,0
Setúbal (Santa Maria da Graça)	82,7	57,6
Setúbal (São Julião)	27,2	41,9
São Lourenço	3,9	4,1
Setúbal (São Sebastião)	0,2	0,4
São Simão	3,2	3,8
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	1,0	0,7
Sado	0,1	0,1
Concelho	10,8	7,4

2.2.2. Inundação por tsunami

2.2.2.1. Metodologia

Neste relatório utilizam-se os resultados obtidos pelo projecto SCHEMA.

O projecto SCHEMA foi lançado em Agosto de 2007 e incluía nos respectivos objectivos a definição de uma abordagem para a avaliação da vulnerabilidade e danos para vários cenários de tsunami na cidade de Setúbal.

No projecto foram testadas 3 falhas com ruptura sísmica e desencadeamento de tsunami (ver **Figura 12** para localização), cada uma considerando um cenário de intensidade diferente. O cenário de intensidade maior considera uma fonte para o tsunami de 1755, com uma ruptura simultânea nas falhas de Marquês de Pombal e Guadalquivir (Baptista *et al.*, 2003). O cenário de intensidade moderada considera uma fonte localizada apenas na falha de Marquês de Pombal (Zitellini *et al.*, 1999). O cenário de intensidade menor considera uma fonte localizada apenas no Banco de Guadalquivir

(Omira *et al.*, 2009). No **Quadro 11** encontra-se um sumário dos 3 cenários considerados.

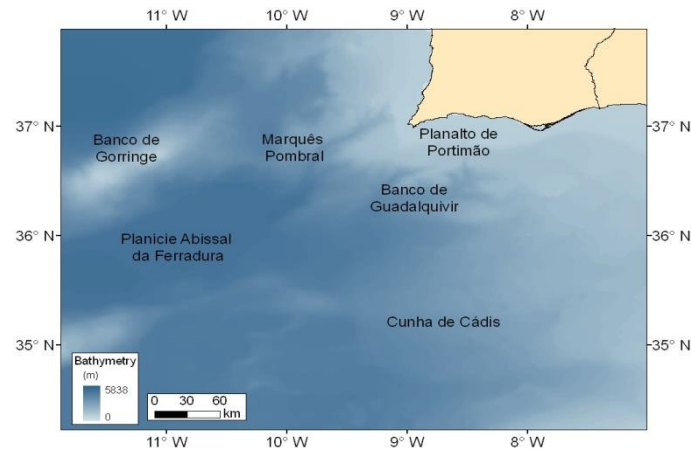


Figura 12 - Localização das principais falhas a SW de Portugal continental.

Quadro 11 - Falhas consideradas para os 3 cenários testados no projecto SCHEMA.

Cenário considerado	Falha	Referência
Intensidade Maior	Marques de Pombal + Banco de Guadalquivir	Baptista et al., 2003
Intensidade Moderada	Marques de Pombal	Zitellini et al., 1999
Intensidade Menor	Banco de Guadalquivir	Omira et al., 2009

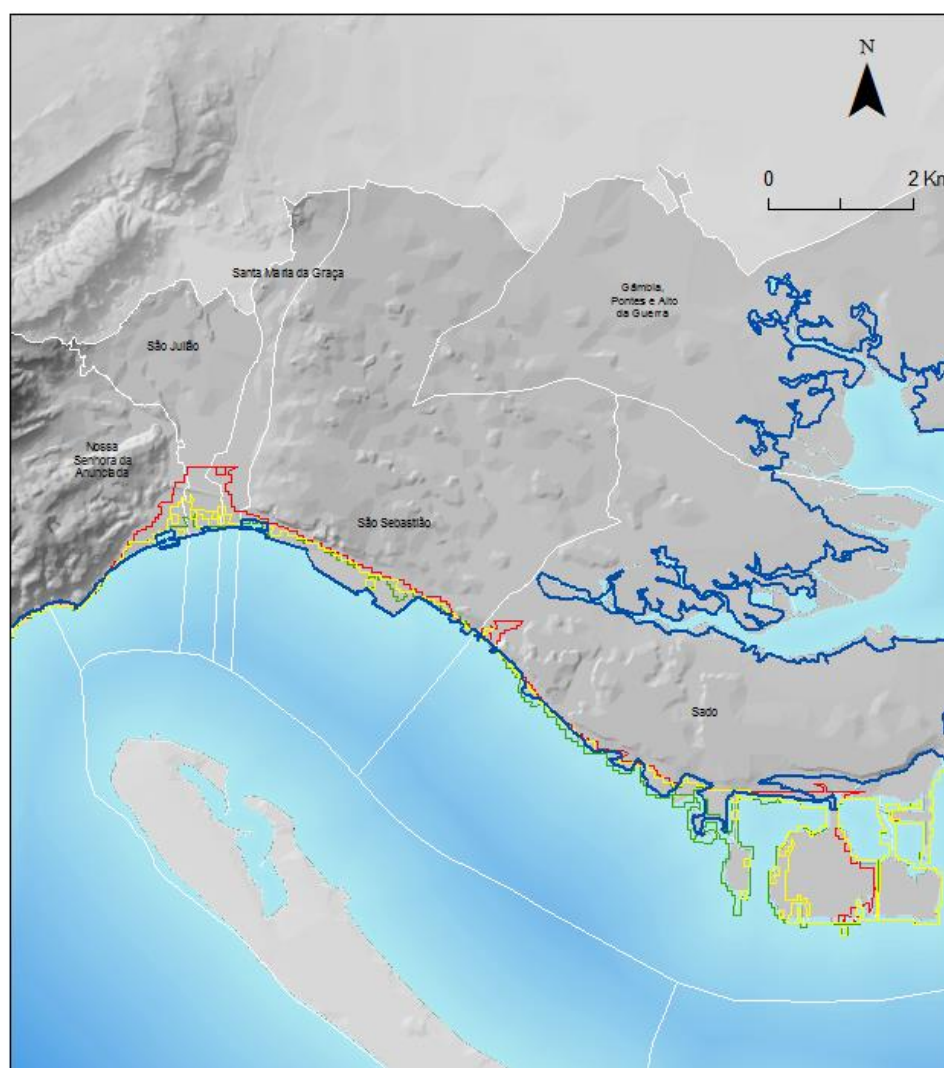
Para cada um dos cenários foi ainda considerada a variação da maré, dando por isso um total de 6 testes. A maré baixa foi considerada com 1.8 m e a maré alta com 3.8 m.

O HIDROMOD calculou a propagação e inundação do tsunami, tendo sido utilizados dados batimétricos (GEBCO) e topográficos (SRTM), com uma resolução de 30 segundos e 90 m, respectivamente. Esta resolução é suficiente para uma escala regional. Nos mapas apresentados para o Sado e Setúbal foram utilizadas resoluções de 45 m e 9 m que terão resultado de várias interpolações dos dados.

2.2.2.2. Susceptibilidade de inunda  o por tsunami

2.2.2.2.1. Susceptibilidade de inunda  o por tsunami no Sado

A **Figura 13** representa o limite máximo de cada uma das áreas inundadas nos 3 cenários considerados (intensidade maior, moderada e menor) com uma resolu  o de 45 metros. Pela análise da **Figura 13** verifica-se que as zonas mais susceptíveis de inunda  o por tsunami são a Praia de Albarquel, Doca dos Pescadores, Doca de Recreio, Doca do Comércio, Cais das Pirites e Cais da SOCEL.



Limites de inundação máxima

- P1- Intensidade Maior - Maré Alta - Máximo
- P2- Intensidade Moderada - Maré Alta - Máximo
- P1- Intensidade Menor - Maré Alta - Máximo
- LMPMAVE

Figura 13 - Limites de inundação máxima no Sado (Fonte dos dados: Projecto SCHEMA).

2.2.2.2.2. Susceptibilidade de inundação por tsunami na cidade de Setúbal

A **Figura 14** representa o limite máximo de cada uma das áreas inundadas nos 3 cenários considerados (intensidade maior, moderada e menor), com uma resolução de 9 m, na

cidade de Setúbal. Verifica-se que todas as zonas de baixa altitude são susceptíveis de inundação por tsunamis. Assim, as zonas que muito provavelmente serão inundadas são: a Praia da Comenda e a Praia de Albarquel; a zona do Parque de Campismo e a Doca dos Pescadores; todas as zonas que envolvem a Doca de Recreio e a Doca do Comércio.

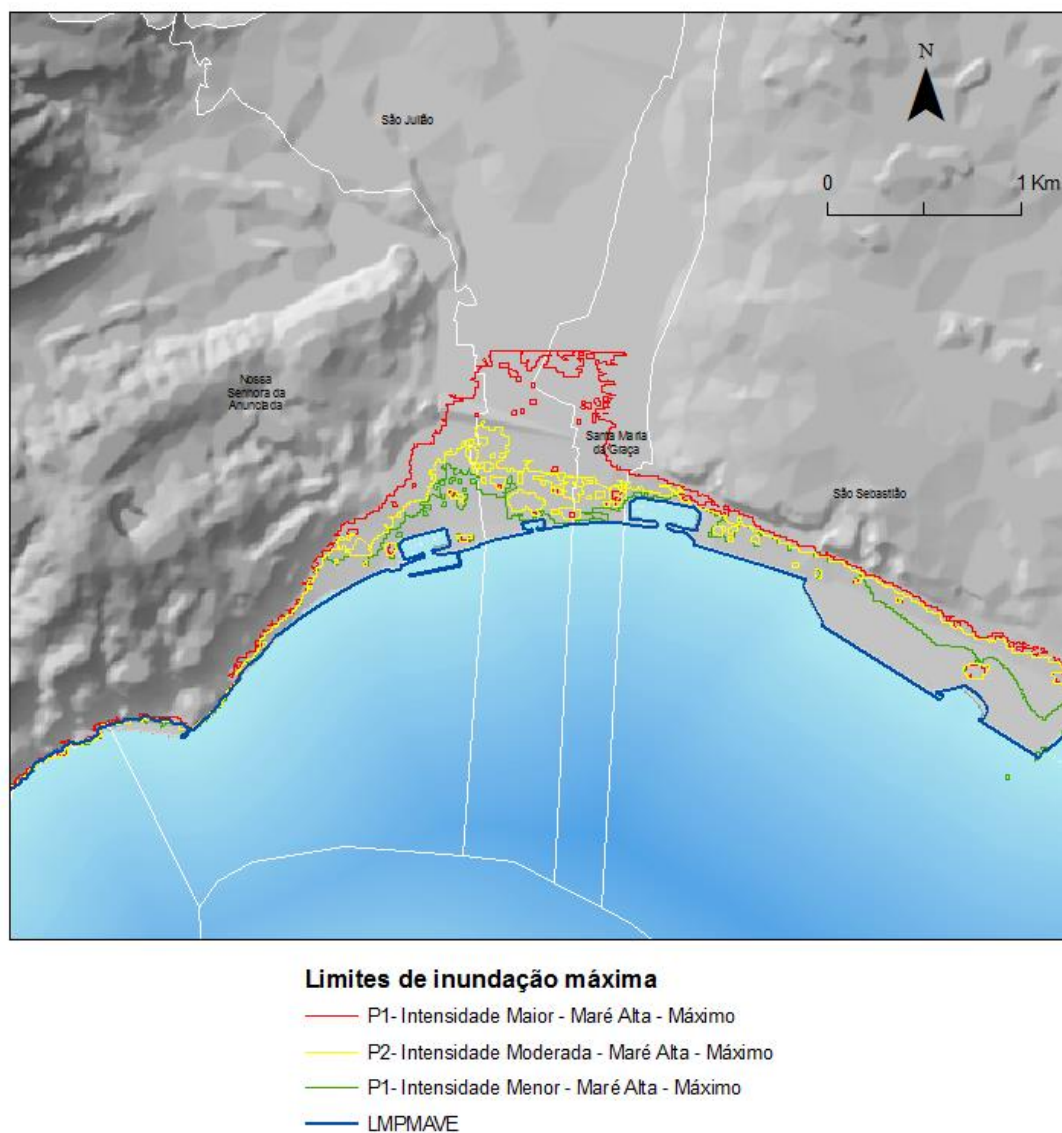


Figura 14 - Limites de inundação máxima em Setúbal (Fonte dos dados: Projecto SCHEMA).

2.2.2.3. Estruturas expostas

A tipologia do edificado proposta pelo projecto SCHEMA considera 4 classes principais de edifícios (dividida em sub-classes), que é definida com base na sua característica estrutural de resistência (**Quadro 12**):

- I. Construções leves;
- II. Construções em argamassa e construções em betão não reforçado;
- III. Construções em betão reforçado;
- IV. Outras construções.

Quadro 12 - Tipologia do edificado dependendo da sua resistência e capacidade da construção.

Classe		Tipo de edifício	Número de pisos
I. Construções leves	A1	Construções na praia ou em frentes de mar de madeira, argila	0 - 1 Raramente com 2
	A2	Construções muito leves, sem qualquer design, muito rudimentares, construídas em madeira ou argila, chapas de zinco	1
II. Construções em argamassa e construções em betão não reforçado	B1	Tijolos não reforçados, cimento, argamassa	1 - 2
	B2	Construções leves e concentradas: madeira e materiais de argila	1 - 2
	C1	Edifícios isolados, vilas: tijolos com colunas reforçadas e enchimento de argamassa	1 - 2
	C2	Construções em argamassa feita de blocos de cimento, alternados com tijolos	1 - 2
	D	Grandes vilas e edifícios colectivos, edifícios residenciais e comerciais: betão não reforçado	1 - 3
III. Construções em betão reforçado	E1	Estruturas residenciais ou escritórios, parques de estacionamento, escolas: betão reforçado, placas de aço	0 - 3
	E2	Estruturas residenciais ou escritórios, parques de estacionamento, escolas, torres: betão reforçado, placas de aço	> 3
IV. Outras construções	F	Edifícios portuários e industriais, angares: betão reforçado, placas de aço	Indiferenciado
	G	Outros, edifícios administrativos, históricos e religiosos	Indiferenciado

O painel superior da **Figura 15** inclui o tipo de edificado existente em Setúbal, de acordo com a classificação do projecto SCHEMA. Este projecto adaptou ainda uma escala para classificar o nível de estragos nos edifícios, representada no **Quadro 13**. O painel inferior da **Figura 15** mostra que o cenário de maior intensidade para a inundação por tsunami em Setúbal, considerando a maré alta, provoca danos no edificado que deverão variar entre ligeiros (D1) a colapso parcial (D4).

Quadro 13 - Níveis dos estragos no edificado.

Nível de estragos	Estragos na estrutura
D0 Nenhum estrago	Não existem estragos significativos
D1 Estragos ligeiros	Não existem danos estruturais – estragos ligeiros, que são reparáveis
D2 Estragos importantes	Estragos importantes, mas não existem danos estruturais
D3 Estragos significativos	Estragos estruturais que podem afectar a estabilidade do edifício
D4 Colapso parcial	Estragos significativos que comprometem a integridade estrutural, colapso parcial do edifício
D5 Colapso	Colapso total

A **Figura 16** mostra as áreas reservadas para os parques de estacionamento e marinas que se encontram dentro das áreas inundadas calculadas por HIDROMOD. A presença de detritos originários dessas áreas pode fazer incrementar os estragos no edificado, pelo que o nível de danos apresentado na **Figura 15** pode estar subestimado.

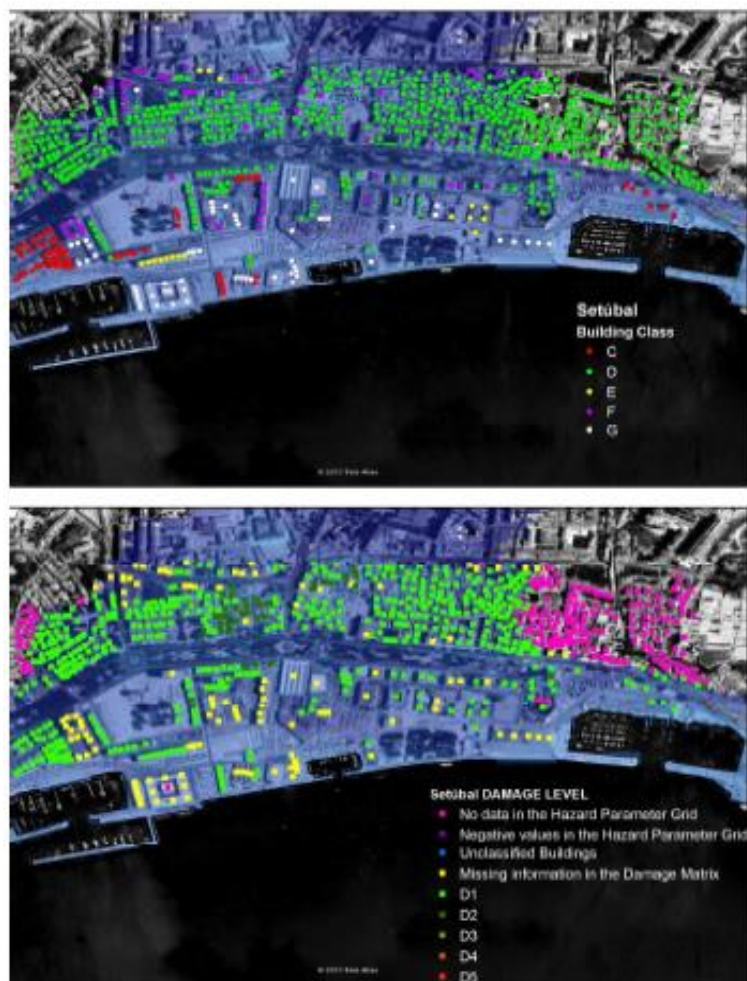


Figura 15 - painel superior: distribuição do tipo de edificado; painel inferior: cenário de estragos.

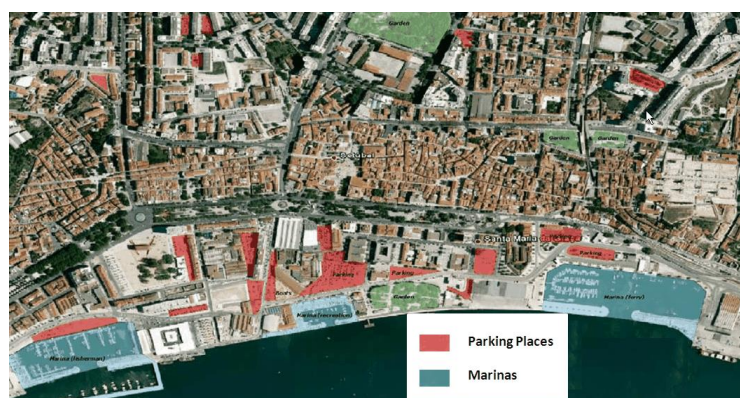


Figura 16 - Parques de estacionamento e marinas que se encontram dentro da área inundada pelo cenário de inundação calculado por HIDROMOD.

2.3. Geodinâmica interna

2.3.1. Sismos

Os sismos consistem na propagação de ondas elásticas através dos materiais terrestres, geradas por perturbações transitórias do equilíbrio elástico, geralmente associadas a movimentações repentinas de falhas.

2.3.1.1. Metodologia

A situação de referência da susceptibilidade sísmica no concelho de Setúbal foi definida a partir do cruzamento da carta de isossistas de intensidades sísmicas máximas (Fonte: Instituto de Meteorologia) com a carta da distribuição das acelerações máximas (PGA – *Peak Ground Acceleration*) para um período de retorno de 475 anos, produzida por Montilla e Casado (2002). Como seria de esperar, atendendo à pequena escala que caracteriza os dois documentos atrás referidos e à dimensão do concelho, o território de Setúbal não apresenta grandes contrastes no que respeita à susceptibilidade sísmica: a classe da PGA de 3,2 – 4,0 m/s² abrange a totalidade do concelho, enquanto a carta de isossistas de intensidades máximas marca a presença das classes 8 e 9. Na Escala de Mercalli Modificada, o grau 8 representa um abalo sísmico susceptível de provocar danos ligeiros em estruturas especialmente concebidas, danos consideráveis em edifícios comuns (com colapso parcial) e danos avultados em estruturas mal construídas. Pode provocar também a queda de chaminés de casas e de fábricas, de monumentos, colunas e paredes, assim como derrubar mobiliário pesado. O grau 9 corresponde a um abalo sísmico que desencadeia danos consideráveis em estruturas especialmente concebidas, danos avultados em edifícios comuns (com colapso parcial), chegando mesmo a deslocar os edifícios das fundações.

Os efeitos de sítio susceptíveis de provocar a amplificação da susceptibilidade sísmica foram integrados tendo em consideração a existência de solos brandos, incluindo aluviões e outras formações geológicas quaternárias não consolidadas, capazes de

alterar as características do movimento sísmico. As zonas potenciais de instabilidade de vertentes não foram aqui consideradas, uma vez que são alvo de um tratamento autónomo. Foram ainda tidas em consideração as falhas activas com potencial para a ocorrência de deformações permanentes.

2.3.1.2. Susceptibilidade sísmica

A **Figura 17** mostra que a susceptibilidade sísmica é *Moderada-Elevada* em 6,0% do concelho de Setúbal, em conformidade com as PGA e Intensidade sísmica máxima observadas (extremo N / NE do concelho). A susceptibilidade sísmica foi considerada *Elevada* em 49,6% do território municipal, na zona correspondente à isossista de intensidade 9. Por último, as áreas onde se regista o afloramento superficial de aluviões e outras formações geológicas não consolidadas dentro da zona anterior foram classificadas como de susceptibilidade sísmica *Muito elevada* (24,7% da superfície total).

O **Quadro 14** sintetiza os resultados da distribuição das classes de susceptibilidade sísmica pela superfície de cada uma das 8 freguesias do concelho. A classe de susceptibilidade *Elevada* é dominante em todas as freguesias (máximo de 84,7 % na freguesia de Nossa Senhora da Anunciada, seguida da de São Lourenço - 70,9% - e da de São Sebastião - 60,6%) excepto nas freguesias do Sado, Santa Maria da Graça, e São Julião, onde domina a classe Muito Elevada (representatividade entre 29% e 46% da superfície das freguesias). As freguesias onde a classe de susceptibilidade *Moderada – Elevada* apresenta maior expressão são, por ordem decrescente, Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra (32,9 %), Santa Maria da Graça (18,0 %), e São Sebastião (9,8 %), não havendo expressão territorial desta classe nas freguesias restantes. Note-se que todas as freguesias de Setúbal, à excepção de São Lourenço e São Simão, possuem território emerso e imerso, pelo que as percentagens referidas respeitam à totalidade dos territórios, independentemente da sua condição.

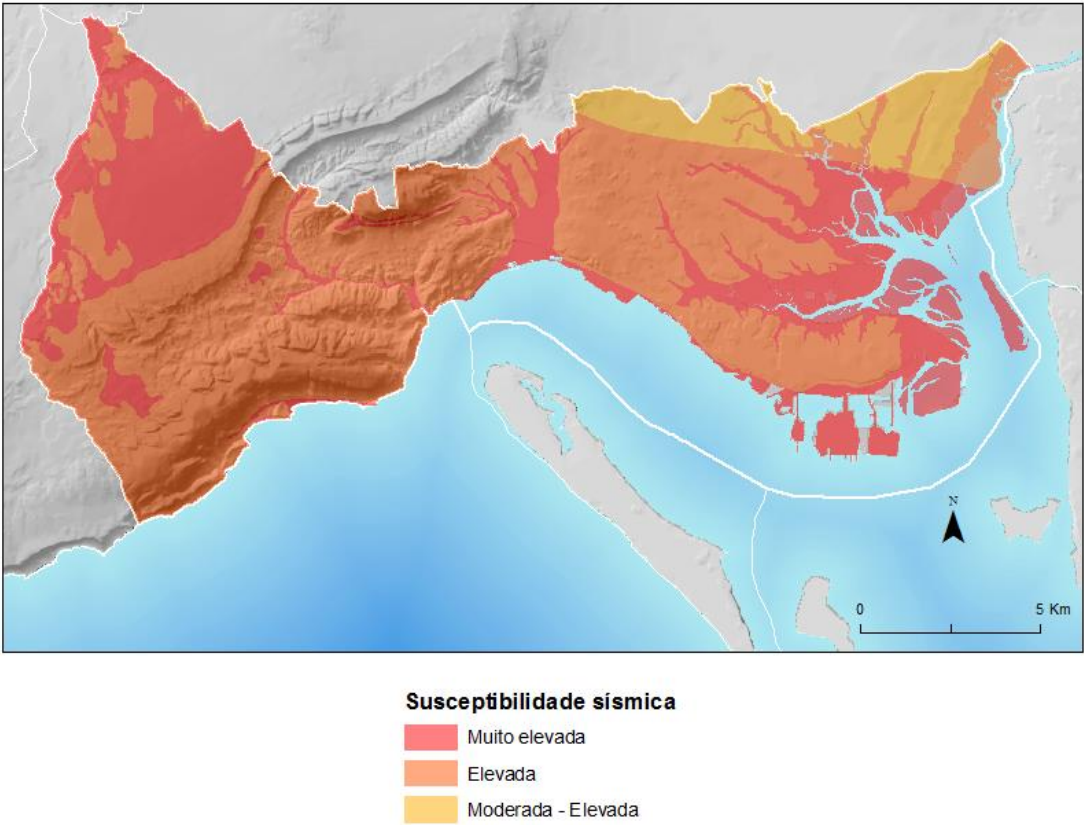


Figura 17 - Susceptibilidade sísmica no município de Setúbal.

Quadro 14 - Susceptibilidade sísmica nas freguesias do Concelho de Setúbal, expresso por percentagem do território da freguesia.

Freguesia	Susceptibilidade sísmica		
	Moderada - Elevada	Elevada	Muito Elevada
Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra	32,9	39,4	19,6
Nossa Senhora da Anunciada	0,0	84,7	8,2
Sado	0,0	20,7	28,7
Santa Maria da Graça	18,0	30,2	33,7
São Julião	0,0	37,6	45,8
São Lourenço	0,0	70,9	29,1
São Sebastião	9,8	60,6	5,8
São Simão	0,0	50,6	49,3
Concelho	6,0	49,6	24,7

2.3.1.3. Exposição ao perigo sísmico

Para avaliar os elementos expostos ao risco sísmico, optou-se por uma metodologia de cartografia dasimétrica baseada na interpolação zonal de polígonos sobrepostos (Goodchild e Lam, 1980). Deste modo, a população e o edificado expostos nas classes de susceptibilidade sísmica "Elevada" e "Muito Elevada" foram estimados pela sua proporção relativa à área que ocupam na classe (assumindo-se uma distribuição normal/homogénea) e tendo por base os dados da população e do edificado referentes ao Censos 2001, devidamente georreferenciados e desagregados à respectiva subsecção estatística. Os resultados obtidos são aproximados, uma vez que o método assume que a distribuição espacial do edificado e da população é homogénea dentro de cada subsecção estatística. O facto dos limites concelhios corporizados pelo conjunto das subsecções estatísticas de Setúbal em 2001 não corresponderem aos actuais limites do município em 2011 contribui também com algum ruído para os resultados finais.

Na contabilização dos edifícios expostos, para além do número total por classe de susceptibilidade sísmica, foram também consideradas duas classes relativas à data de construção, tendo como marco a entrada em vigor do "Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas e Pontes" em 1983 (Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio). Toda a construção executada depois dessa data deve incorporar um conjunto de soluções técnicas que melhoram substancialmente o seu comportamento face aos sismos. Uma vez que os dados do Censos 2001 não contemplam este ano na classificação dos edifícios por data de construção, adoptou-se aquele que mais se aproxima: 1985. Assim, a classe "Edifícios de construção anterior a 1986" (potencialmente mais vulnerável) engloba todo o edificado construído até 1985, inclusive, e a classe "Edifícios de construção posterior a 1986" (potencialmente menos vulnerável) concentra todo o edificado construído depois de 1986, inclusive. A **Figura 18** mostra a proporção dos edifícios anteriores a 1986 no total do edificado em cada subsecção estatística do concelho de Setúbal (Censos 2001). A classe *n.a.* corresponde às subsecções sem qualquer alojamento clássico.

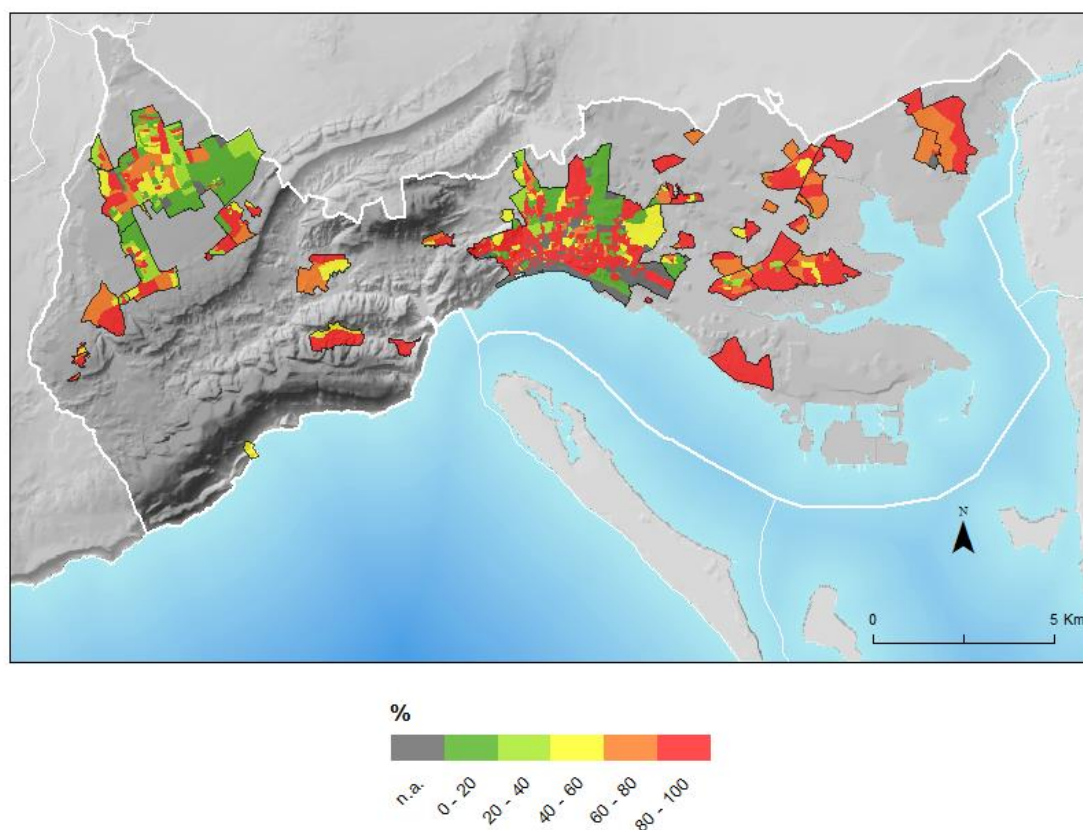


Figura 18 - Percentagem de edifícios construídos antes de 1986 relativa ao total do edificado em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).

A tipologia construtiva foi também considerada na análise de exposição do edificado, dando origem às classes "Edifícios de tipo A" - que engloba as classes "Edifícios com elementos resistentes de betão" e "Edifícios com outros elementos resistentes (madeira, metálicos)" do Censos 2001, e "Edifícios de tipo B" - que engloba as classes "Edifícios com paredes de alvenaria argamassada" e "Edifícios com paredes de alvenaria de pedra adobe ou taipa" do Censos 2001. Esta classificação, baseada nos princípios adoptados pela "European Macroseismic Scale 1998" (Gruntal, 1998), visa reflectir o comportamento do edificado face à acção sísmica, por tipologia construtiva. Deste modo, os edifícios de tipo B serão potencialmente mais vulneráveis à acção sísmica do que os de tipo A. A **Figura 19** mostra a proporção dos edifícios de tipo B no total do edificado em cada subsecção estatística do concelho de Setúbal (Censos 2001). A classe *n.a.* corresponde às subsecções sem qualquer alojamento clássico.

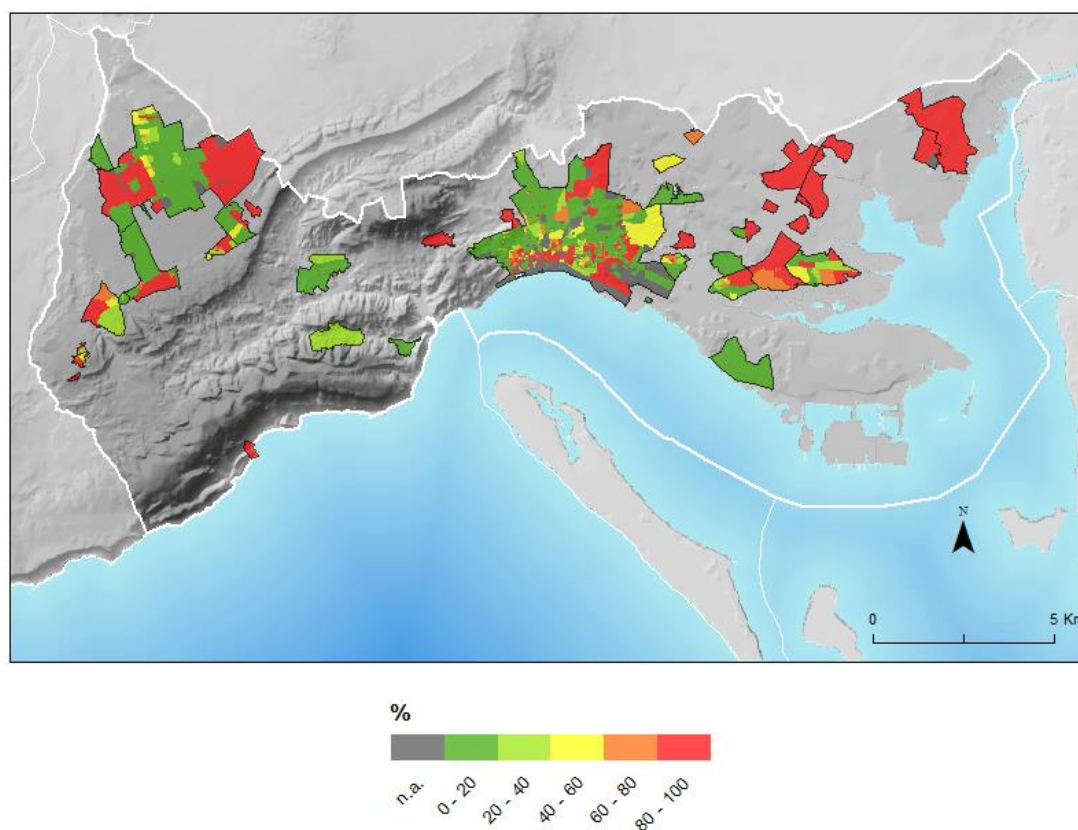


Figura 19 - Percentagem de edifícios de tipo B relativa ao total do edificado em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).

Na contabilidade da população residente exposta, para além do número total por classe de susceptibilidade sísmica, foram também consideradas as faixas etárias vistas como potencialmente mais vulneráveis (Armas, 2006; Carvalho *et al.*, 2010): os jovens (< 14 anos) e os idosos (≥ 65 anos). Estas duas faixas etárias foram aglutinadas numa única classe, e apreciadas em contraponto com o total da população residente em cada unidade geográfica estudada. A **Figura 20** mostra a proporção de população jovem e idosa no total da população residente em cada subsecção estatística (Censos 2001). A classe *n.a.* corresponde às subsecções sem qualquer residente.

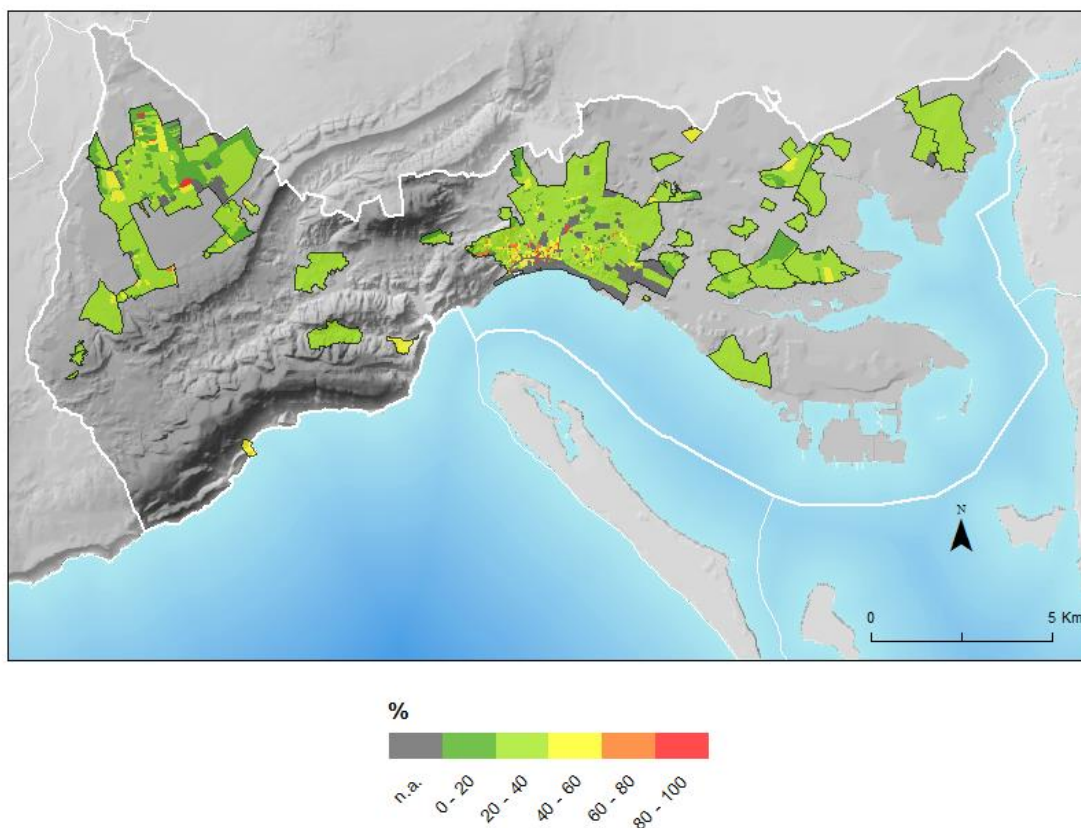


Figura 20 - Percentagem de jovens e idosos relativa ao total de residentes em cada subsecção estatística, por lugar estatístico (Censos 2001).

O **Quadro 15** apresenta os valores relativos aos elementos expostos, por freguesia e classe de susceptibilidade sísmica. A leitura do quadro deve ser feita da seguinte forma (exemplo para a freguesia de S. Julião):

- 47,0% do total dos edifícios da freguesia de S. Julião encontra-se na classe de susceptibilidade sísmica "Elevada", e 53% na "Muito Elevada";
- 34,5% do total dos edifícios desta freguesia são de construção anterior a 1986 e encontram-se na classe "Elevada" e 43,4 %, sendo também de construção anterior a 1986, encontra-se na classe "Muito Elevada";
- 12,6% do total dos edifícios desta freguesia são de construção posterior a 1986 e encontram-se na classe "Elevada" e 9,6 %, sendo também de construção posterior a 1986, encontra-se na classe "Muito Elevada";

- 38,6% do total dos edifícios da freguesia apresentam uma tipologia construtiva do tipo A e encontram-se na classe "Elevada", e 26,1 %, sendo também da mesma tipologia, na classe "Muito Elevada";
- 8,4% do total dos edifícios da freguesia apresentam uma tipologia construtiva do tipo B e localizam-se na classe "Elevada", e 26,9 %, sendo também da mesma tipologia, na classe "Muito Elevada";
- 54,6% da população da freguesia reside em áreas de susceptibilidade sísmica "Elevada", e 45,4% em áreas de susceptibilidade "Muito Elevada";
- 28,6% da população da freguesia é jovem e/ou idosa e distribui-se de modo equivalente nas áreas de susceptibilidade sísmica "Elevada" (14,4%) e "Muito Elevada" (14,2%).

Quadro 15 - Elementos expostos por classe de sismicidade, relativos aos totais por freguesia.

	Edifícios de construção anterior a 1986	Edifícios de construção posterior a 1986	Total de edifícios	Edifícios de tipo A	Edifícios de tipo B	População residente	População jovem e idosa
	%						
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)							
Sismicidade elevada	69,4	7,1	76,5	50,0	26,5	73,3	23,5
Sismicidade muito elevada	21,6	1,8	23,4	9,4	14,0	26,7	10,0
Setúbal (Santa Maria da Graça)							
Sismicidade elevada	0,8	0,2	1,0	0,5	0,5	2,0	0,6
Sismicidade muito elevada	92,5	6,5	99,0	23,0	76,0	98,0	31,2
Setúbal (São Julião)							
Sismicidade elevada	34,5	12,6	47,0	38,6	8,4	54,6	14,4
Sismicidade muito elevada	43,4	9,6	53,0	26,1	26,9	45,4	14,2
São Lourenço							
Sismicidade elevada	21,0	14,9	35,9	14,7	21,2	34,0	10,3
Sismicidade muito elevada	31,5	32,5	63,9	40,0	24,0	66,0	19,4
Setúbal (São Sebastião)							
Sismicidade elevada	76,9	21,4	98,4	60,1	38,3	99,6	28,0
Sismicidade muito elevada	0,8	0,2	1,1	0,8	0,2	0,3	0,1
São Simão							
Sismicidade elevada	11,1	11,8	22,8	15,8	7,1	19,4	6,2
Sismicidade muito elevada	38,6	38,5	77,1	50,9	26,2	80,6	22,1
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra							
Sismicidade elevada	50,7	11,9	62,6	21,8	40,8	67,3	19,6
Sismicidade muito elevada	3,1	0,8	3,9	0,3	3,7	3,4	1,0
Sado							
Sismicidade elevada	64,6	22,0	86,5	28,0	58,5	84,8	21,3
Sismicidade muito elevada	11,4	2,0	13,4	5,0	8,4	15,2	4,0

A leitura do **quadro 15** permite verificar que a freguesia de Santa Maria da Graça é a que apresenta valores mais preocupantes:

- 99,0% dos edifícios encontram-se na classe de susceptibilidade sísmica muito elevada, assim como 98% da população residente;
- 92,5% dos edifícios são de construção anterior a 1986, e 76,0% enquadram-se na tipologia construtiva B;
- 31,2% da sua população total é jovem e/ou idosa e reside em áreas de sismicidade muito elevada.

O **Quadro 16** apresenta os valores dos elementos expostos relativos aos totais do concelho, por freguesia e classe de susceptibilidade sísmica. A leitura do quadro deve ser feita da seguinte forma (exemplo para a freguesia de S. Julião):

- 2,80% do total dos edifícios do município de Setúbal encontram-se na freguesia de S. Julião em classe de susceptibilidade sísmica "Elevada", e 3,15% na classe "Muito Elevada";
- 2,05% do total dos edifícios do município de Setúbal de construção anterior a 1986 encontram-se nesta freguesia em áreas de susceptibilidade "Elevada" e 2,58 % na classe "Muito Elevada";
- 0,75% do total dos edifícios do município de Setúbal de construção posterior a 1986 encontram-se nesta freguesia e em áreas de susceptibilidade "Elevada" e 0,57 % na classe "Muito Elevada";
- 2,30% do total dos edifícios do concelho com uma tipologia construtiva do tipo A encontram-se nesta freguesia na classe "Elevada", e 1,55 % na classe "Muito Elevada";
- 0,50% do total dos edifícios do concelho com uma tipologia construtiva do tipo B encontram-se nesta freguesia na classe "Elevada", e 1,60 % na classe "Muito Elevada";
- 8,18% da população do concelho reside nesta freguesia em áreas de susceptibilidade sísmica "Elevada", e 6,80% em áreas de susceptibilidade "Muito Elevada";
- 2,15% da população jovem e/ou idosa do concelho reside nesta freguesia em áreas de susceptibilidade sísmica "Elevada", e 2,12% na classe "Muito Elevada".

Quadro 16 - Elementos expostos por classe de sismicidade, relativos aos totais do concelho.

	Edifícios de construção anterior a 1986	Edifícios de construção posterior a 1986	Total de edifícios	Edifícios de tipo A	Edifícios de tipo B	População residente	População jovem e idosa
	%						
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)							
Sismicidade elevada	12,17	1,24	13,41	8,76	4,65	10,35	3,31
Sismicidade muito elevada	3,79	0,31	4,10	1,65	2,45	3,77	1,41
Setúbal (Santa Maria da Graça)							
Sismicidade elevada	0,03	0,01	0,04	0,02	0,02	0,09	0,03
Sismicidade muito elevada	3,51	0,25	3,76	0,87	2,88	4,59	1,46
Setúbal (São Julião)							
Sismicidade elevada	2,05	0,75	2,80	2,30	0,50	8,18	2,15
Sismicidade muito elevada	2,58	0,57	3,15	1,55	1,60	6,80	2,12
São Lourenço							
Sismicidade elevada	3,40	2,42	5,81	2,39	3,43	2,53	0,77
Sismicidade muito elevada	5,10	5,26	10,35	6,47	3,88	4,91	1,45
Setúbal (São Sebastião)							
Sismicidade elevada	22,10	6,16	28,26	17,26	11,00	46,17	12,98
Sismicidade muito elevada	0,23	0,07	0,30	0,23	0,07	0,13	0,05
São Simão							
Sismicidade elevada	1,34	1,42	2,76	1,90	0,85	0,78	0,25
Sismicidade muito elevada	4,66	4,65	9,31	6,14	3,17	3,25	0,89
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra							
Sismicidade elevada	3,57	0,84	4,40	1,53	2,87	2,41	0,70
Sismicidade muito elevada	0,22	0,06	0,28	0,02	0,26	0,12	0,04
Sado							
Sismicidade elevada	5,61	1,91	7,52	2,43	5,08	4,06	1,02
Sismicidade muito elevada	0,99	0,17	1,16	0,43	0,73	0,73	0,19

Os dados do **quadro 16** mostram que, considerando o contributo de cada freguesia para os valores totais do concelho, é a freguesia de São Sebastião que se destaca:

- 28,26% dos edifícios do município encontram-se nesta freguesia e em áreas de susceptibilidade elevada, assim como 46,17% do total da população residente no concelho;
- 22,10% dos edifícios do concelhos construídos antes de 1986 localizam-se nesta freguesia e em áreas de susceptibilidade sísmica elevada;
- 11,00% dos edifícios do concelho de tipologia construtiva B situa-se nesta freguesia e em áreas de susceptibilidade sísmica elevada;

- 12,98% da população jovem e/ou idosa do concelho reside nesta freguesia e em áreas de susceptibilidade sísmica elevada.

2.4. Geodinâmica externa

2.4.1. Movimentos de massa em vertentes

2.4.1.1. Tipos de movimentos de massa em vertentes identificados no concelho de Setúbal

Neste trabalho adopta-se a terminologia e a classificação de movimentos de massa em vertentes de referência no plano internacional. Esta classificação foi proposta pela Working Party on World Landslide Inventory (1993) e apresentada por Cruden & Varnes (1996), integrando 5 tipos principais de instabilidades (**Figura 21**): desabamento (*fall*), tombamento ou balançamento (*topple*), deslizamento ou escorregamento (*slide*), expansão lateral (*lateral spread*) e escoada ou fluxo (*flow*).

No território de Setúbal foram identificados movimentos de desabamento, deslizamento e escoada. Os movimentos do tipo tombamento ocorrem predominantemente nas arribas do litoral e podem ser agregados aos desabamentos. Não foram detectados movimentos do tipo expansão lateral.

2.4.1.1.1. Desabamentos

O desabamento corresponde a uma “deslocação de solo ou rocha a partir de um abrupto, ao longo de uma superfície onde os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos. O material desloca-se predominantemente pelo ar, por queda, saltação ou rolamento” (WP/WLI, 1993: 6-2). Tende a ser um movimento extremamente rápido, desde a ruptura inicial, tipicamente em tracção, até ao momento de imobilização da massa deslocada (Flageollet e Weber, 1996). Pode progredir em queda livre se a

vertente abaixo da massa de solo ou rocha que se vai destacar exceder 70° . Entre 70° e 45° tende a ocorrer saltação e nos declives inferiores a 45° as partículas de solo ou rocha adquirem trajectórias dominadas por rolamento (Cruden e Varnes, 1996). No caso do desabamento de rocha (*rockfall*), a forma das discontinuidades da rocha (e.g. fracturas, planos de estratificação) determina a geometria da superfície de ruptura. Esta pode ser planar, em cunha, em escadaria ou vertical (Flageollet e Weber, 1996).

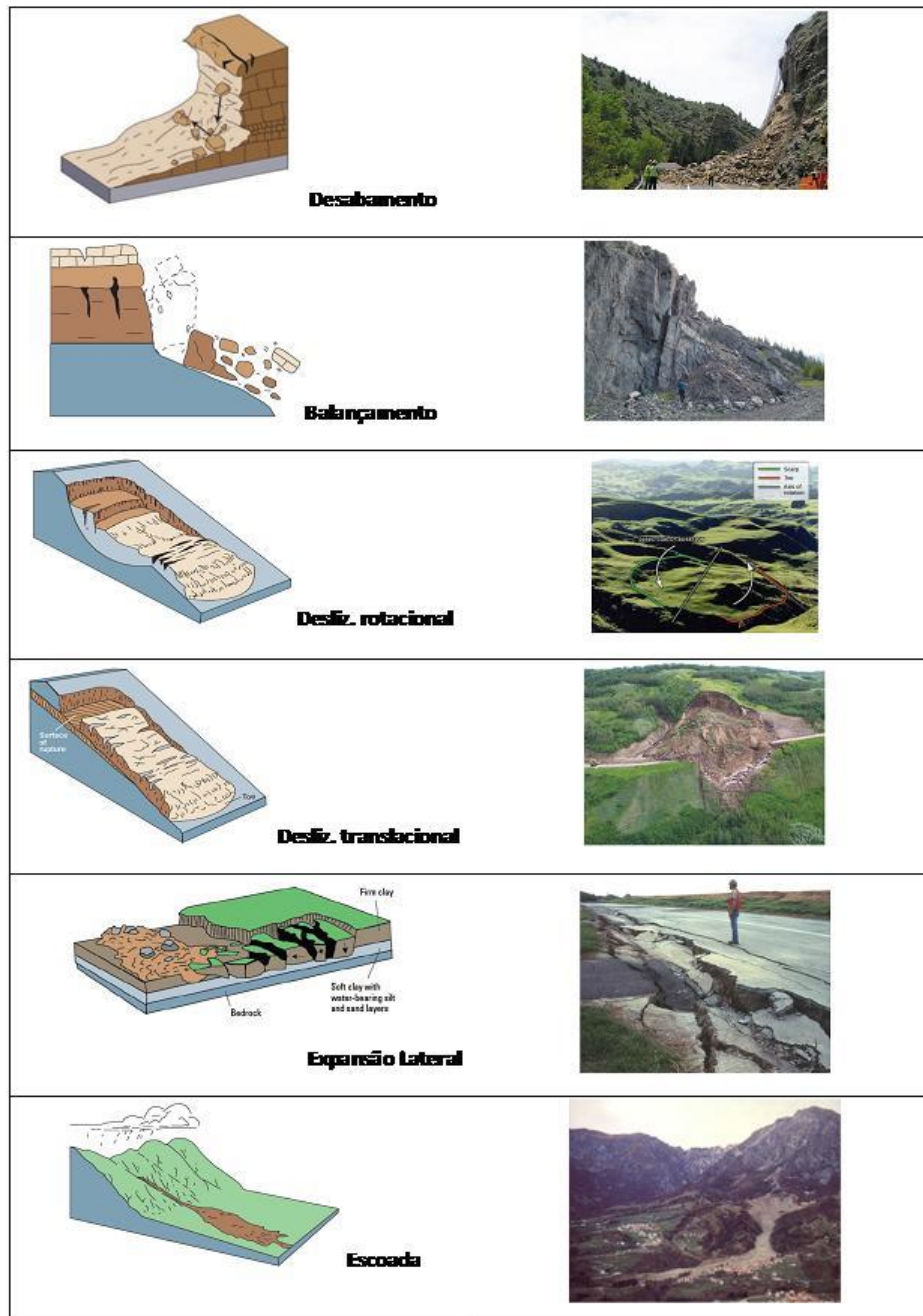


Figura 21 - Principais tipos de movimentos de vertente da classificação de Cruden & Varnes, 1996 (adaptado de Highland & Bobrowsky, 2008).

No concelho de Setúbal os principais desabamentos ocorrem sempre em vertentes de declive forte, principalmente nas arribas escarpadas talhadas nos Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada, Toarciano inferior – Batoniano Médio), e nos calcários margosos de Palhavã do Miocénico (Aquitaniense) que afloram na vertente sul da Serra do Formosinho (**Figura 22**) e na vertente sul da Serra de S. Luís.

Próximo do limite ocidental do concelho, a SW da Aldeia da Piedade, ocorrem desabamentos com origem nos conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros (Paleogénico), na abertura do entalhe em garganta da Ribeira da Conceição (**Figura 23**).

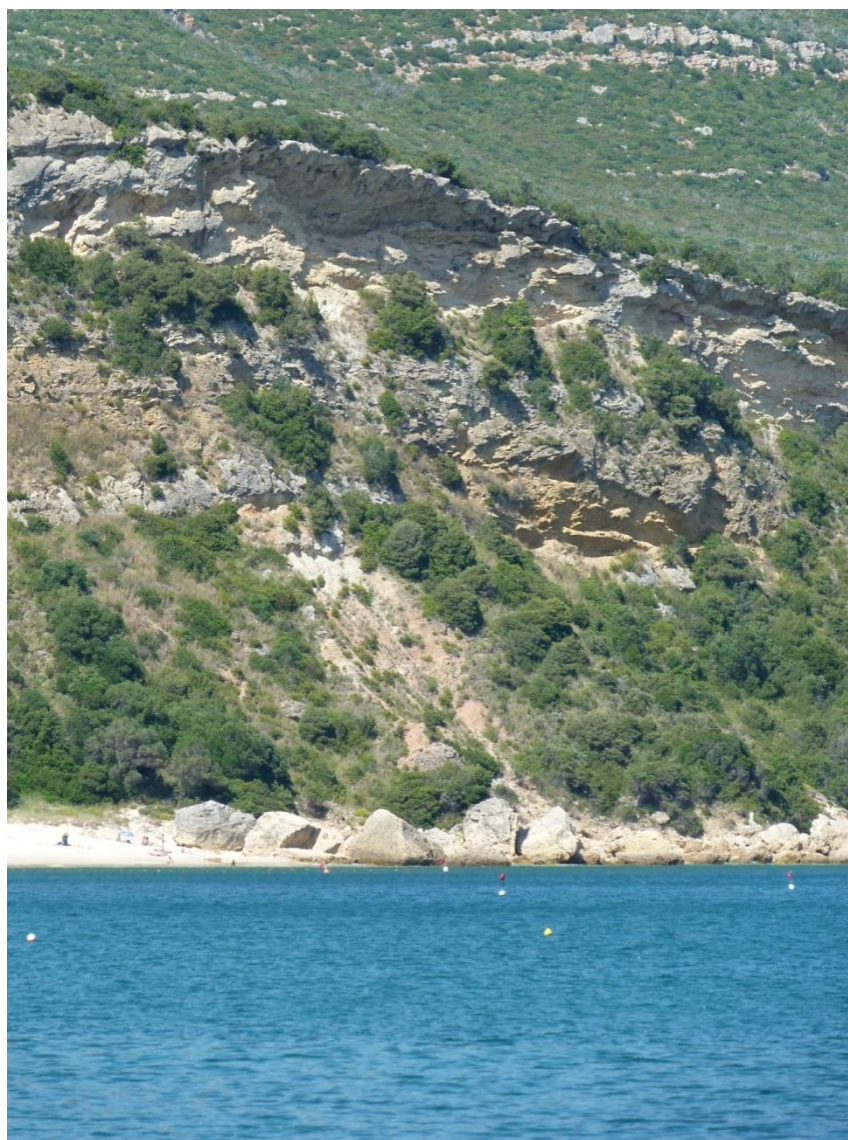


Figura 22 - Blocos desabados no limite norte da praia do Portinho da Arrábida.



Figura 23 - Blocos desabados junto à Estrada R-379-1, a SW da Aldeia da Piedade.

2.4.1.1.2. Deslizamentos

O deslizamento corresponde a um “movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial” (WP/WLI, 1993: 6-2). A ocorrência de fendas de tracção, no que equivalerá posteriormente à cicatriz principal do deslizamento, corresponde a um dos indicadores primários de deformação. Este facto aponta para que o movimento não se inicie simultaneamente ao longo do que será a extensão total da superfície de ruptura.

No caso do concelho de Setúbal, os movimentos de deslizamentos podem ocorrer associados aos desabamentos, nomeadamente nas vertentes com declive acentuado, não sendo fácil a identificação do tipo de mecanismo envolvido quando os movimentos são antigos e a topografia instabilizada se encontra mal conservada (**Figura 24**). Nos

movimentos mais recentes, é possível individualizar deslizamentos rotacionais e deslizamentos translacionais.



Figura 24 - Movimentos de massa antigos e mal conservados de tipo deslizamento / desabamento na Serra de S. Francisco.

a) Deslizamentos rotacionais

Os deslizamentos rotacionais (**Figura 25**) ocorrem ao longo de superfícies de ruptura curvas e côncavas, principalmente em materiais homogêneos e isotrópicos (Cruden e Varnes, 1996). A sua cinemática determina que, para movimentos cujo perfil da superfície de ruptura se aproxima de um círculo ou de um ciclóide, esta se faça com pouca deformação interna da massa deslocada (Buma e van Ash, 1996; Cruden e Varnes, 1996). Em todo o caso, a cabeça do movimento pode registrar descidas verticais abruptas e a parte superior da massa deslocada tende a inclinar para montante formando aclives. Estes favorecem a retenção da água, possibilitando o prolongamento no tempo das

manifestações de instabilidade e, quando em abundância, favorecer a ocorrência de escoadas na área de acumulação do deslizamento (Erskine, 1973; Varnes, 1978).



Figura 25 - Deslizamento rotacional na área de Picheleiros, em terrenos predominantemente margosos de idade paleogénica.

Em alguns deslizamentos rotacionais assiste-se ao desenvolvimento de fenómenos de retrogressão múltiplos, com a expansão do plano de rotura e da área instabilizada para montante, em direcção ao topo da vertente (**Figura 25**).

b) Deslizamentos translacionais

Os deslizamentos translacionais típicos estão associados a uma superfície de ruptura: planar ou muito pouco ondulada. Esta caracteriza-se por um baixo ângulo de cisalhamento, geralmente paralelo à superfície topográfica original. O seu deslocamento vai geralmente para além da superfície de ruptura, cobrindo a jusante a

superfície topográfica original (Cruden e Varnes, 1996). Os deslizamentos translacionais ocorrem frequentemente ao longo de descontinuidades (falhas, fracturas, planos de estratificação) ou no contacto entre o maciço rochoso e níveis de solo residual ou transportado, marcados por uma baixa resistência ao corte.

No concelho de Setúbal os deslizamentos translacionais são quase sempre superficiais, apresentando planos de ruptura com profundidade tipicamente inferior a 2 metros (**Figura 26**). Estes deslizamentos afectam quase exclusivamente os depósitos peliculares que revestem a maior parte das vertentes, ao longo de superfícies de ruptura planares, frequentemente localizadas no contacto com um substrato rochoso impermeável margoso e/ou argiloso.



Figura 26 - Deslizamento translacional superficial próximo de Vale da Rasca, na formação de argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale da Rasca (Kimeridgiano e Titoniano).

2.4.1.1.3. Escoadas

Uma escoada é um “movimento espacialmente contínuo onde as superfícies de tensão tangencial são efémeras e frequentemente não preservadas. A distribuição das velocidades na massa deslocada assemelha-se à de um fluido viscoso” (WP/WLI, 1993: 6-2). As tensões distribuem-se por toda a massa afectada, conduzindo, geralmente, a uma grande deformação interna dos materiais e à existência de velocidades diferenciadas, quase sempre maiores junto à superfície (Carson e Kirkby, 1975).

As escoadas de detritos (debris flows) podem ocorrer em vertentes abertas ou surgir canalizadas. No primeiro caso, as escoadas definem a sua própria trajectória desde o ponto de ruptura até à área de deposição, com base nas irregularidades existentes na vertente. No segundo caso, aproveitam os canais existentes, bem como valeiros e vertentes de perfil transversal côncavo pronunciado (Cruden e Varnes, 1996).

As escoadas são movimentos de massa pouco comuns no concelho de Setúbal. No entanto, há registos de ocorrências na vertente norte do anticlinal do Formosinho (Figura 27).

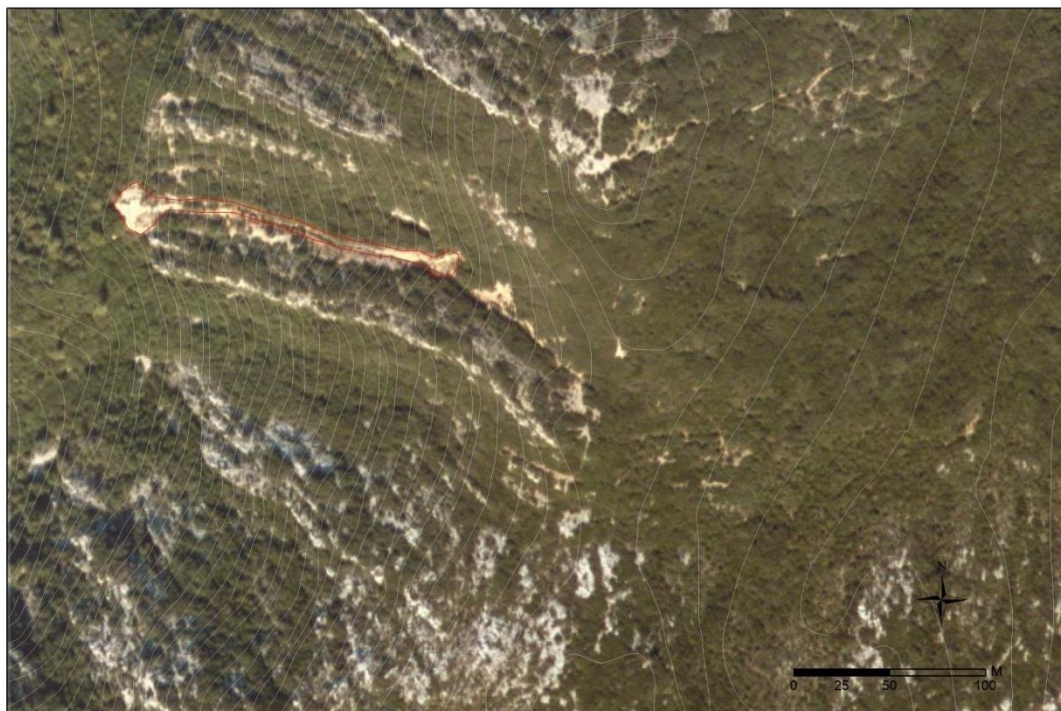


Figura 27 - Escoada de detritos na vertente norte do anticlinal do Formosinho.

2.4.1.2. Inventário dos movimentos de massa em vertentes

O Inventário dos movimentos de massa em vertentes no concelho de Setúbal baseou-se nos métodos e técnicas que a seguir se discriminam:

- (i) Interpretação de ortofotomapas digitais ($pixel = 0,5 \text{ m}$) obtidos em 2004, auxiliada pela projeção da altimetria detalhada do terreno, para a totalidade do concelho;
- (ii) Verificação e validação das manifestações de instabilizadas nas vertentes com trabalho de campo.

No total, foram identificados e inventariados 124 movimentos de massa em vertentes no território do concelho de Setúbal, dos tipos desabamento, deslizamento e escoada.

O **Quadro 17** sistematiza as principais características destes movimentos de massa e a **Figura 28** mostra a sua distribuição espacial.

Quadro 17 - Parâmetros morfométricos dos tipos de movimentos de massa em vertentes inventariados no concelho de Setúbal.

	Desabamentos	Deslizamentos	Escoadas	Conjunto dos movimentos de massa
Número	5	115	4	124
Área Mínima (m^2)	551	71	1.271	71
Área Máxima (m^2)	22.992	30.745	11.066	30.745
Área Média (m^2)	7.186	3.318	3.896	3.493
Desvio-Padrão (m^2)	8.230	4.781	4.144	5.007
Área total (m^2)	35.928	381.609	15.582	433.120
Densidade desliz. (n/km^2)	0,03	0,67	0,02	0,72
% área deslizada	0,02	0,22	0,01	0,25

Os 124 movimentos de massa em vertentes correspondem a uma área total instabilizada de 433.120 m². A densidade de movimentos é de 0,72 ocorrências/km² e a área instabilizada representa 0,25% da área total do concelho.

Os deslizamentos constituem cerca de 93% do conjunto dos movimentos e são responsáveis por cerca de 88% da totalidade da área instabilizada no concelho.

Os desabamentos representam cerca de 4% da totalidade dos movimentos de massa em vertentes. No entanto, constituem o tipo de movimento com a área média mais elevada (7.186 m²), pelo que a área por si afectada representa cerca de 8% da área total instabilizada.

As escoadas representam apenas 3% do conjunto dos movimentos de massa em vertentes no concelho. Estes movimentos afectam uma superfície total de 15.582 m², o que corresponde a 4% da área total instabilizada no concelho de Setúbal.

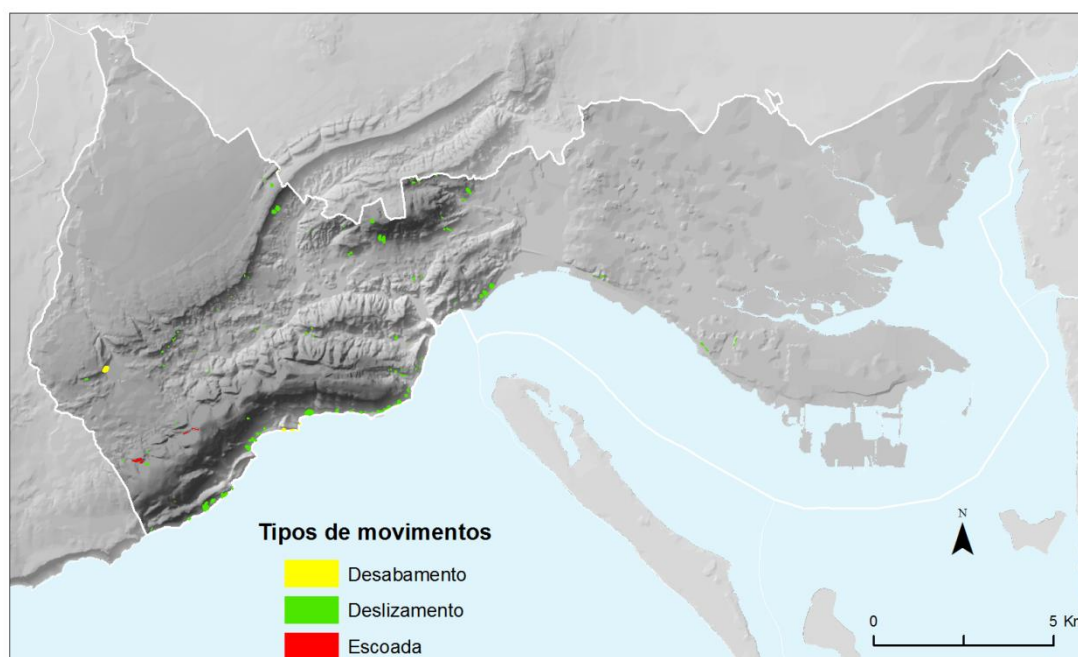


Figura 28 - Inventário de movimentos de massa em vertentes no concelho de Setúbal.

2.4.1.3. Identificação e cartografia dos factores condicionantes da instabilidade das vertentes

A avaliação da susceptibilidade geomorfológica é baseada no pressuposto de que os futuros movimentos de massa em vertentes têm maior probabilidade de ocorrer sob condições geológicas e geomorfológicas semelhantes às que geraram instabilidade no presente e no passado (Varnes, 1984; Zêzere *et al.*, 2008). Neste contexto, é fundamental a identificação e cartografia dos factores condicionantes (de pré-disposição) responsáveis pelo aparecimento ou aceleração das manifestações de instabilidade, assim como a sua ponderação com recurso a modelos de relação espacial. Neste trabalho foram considerados 6 temas como factores de predisposição para a ocorrência de movimentos de massa em vertentes: declive, exposição, curvatura plana, inverso do *wetness index*, litologia e uso do solo. Os temas foram convertidos da estrutura vectorial para *raster*, tendo sido posteriormente (re)classificados, de modo a poderem integrar os modelos de avaliação da susceptibilidade. Estabeleceu-se que todos os *outputs* das várias operações efectuadas deveriam ter resolução de 5m, ou seja, células com 25 m².

A Carta Topográfica multicodificada à escala 1:10 000, do Município de Setúbal, serviu de base à construção de um Modelo Numérico de Elevação (MNE), a partir do qual foram derivados os seguintes temas: declive, exposição, curvatura plana e inverso do *wetness index*.

O mapa de declives (**Figura 29**) foi classificado em 9 classes expressas em graus: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 e >40.

O mapa de exposições (**Figura 30**) foi também classificado em 9 classes, quem incluem 8 quadrantes principais (N, NE, E, SE, S, SW, W e NW) a que acresce a classe dos terrenos planos (logo, sem exposição definível).

O mapa da curvatura plana (**Figura 31**) reproduz o perfil transversal das vertentes e foi classificado em 3 classes: côncavo, plano / rectilíneo e convexo.

O mapa do Inverso do Wetness Index (IWI) (**Figura 32**) qualifica a retenção de humidade, o conteúdo em água do solo e as zonas de saturação superficial, através da relação, para cada célula:

$$IWI = \frac{\tan \beta}{\alpha} \quad (1)$$

Onde α é a área de acumulação a montante (em m²) e β é o declive (em graus).

Este mapa foi classificado em 7 classes, recorrendo a um critério logarítmico: 0; 0-0,0001; 0,0001-0,001; 0,001-0,01; 0,01-0,1; 0,1-1; 1-10.

O mapa das unidades litológicas (**Figura 33**) baseia-se na Carta Geológica na escala de 1:25.000, folhas 453, 454, 455, 464, 465 e 466, do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, tendo sido reclassificado em 26 classes, em função das litologias dominantes: Aluviões, aterros (ID1); Formação de Santa Marta: areias (ID2); Areias da Quinta da Torre (ID3); Argilitos e margas de Azeitão (ID4); Calcários margosos de Palhavã (ID5); Formação de Marco Furado: argilitos e conglomerados (ID6); Arenitos e calcoarenitos de Pinhel e Castelo de Palmela (ID7); Conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros (ID8); Formação de Rodízio: pelitos, arenitos e conglomerados (ID9); Conglomerados de Comenda (ID10); Formações de Ulme e de Tomar indiferenciadas: areias, arenitos e argilitos (ID11); Areias e margas de Quinta do Anjo (ID12); Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca (ID13); Calcários da Senhora das Necessidades (ID14); Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada) (ID15); Conglomerados de Guarda-Mor (ID16); Formação de Pedreiras: calcários (ID17); Depósitos de vertente (ID18); Calcários de Azóia (ID19); Areias de praia (ID20); Formação de Porto da Calada: arenitos, pelitos, calcários e dolomitos (ID21); Formações de Vale de Lobos e de Guia indiferenciadas: arenitos, pelitos e calcários (ID22); Formação de Fonte Grada: arenitos, conglomerados e pelitos (ID23); Formação de Maceira: margas e calcários (ID24); Margas, argilas, calcários com calhaus negros e conglomerados de Arrábida (ID25); Arenitos de Marateca (ID26).

O mapa do uso do solo (**Figura 34**) constitui uma adaptação do nível 2 do COS2007, considerada adequada para efeitos de modelação da susceptibilidade aos movimentos

de massa em vertentes no concelho de Setúbal. Contempla 14 classes: Indústria, comércio e transportes (ID1); Águas marinhas e costeiras (ID2); Tecido urbano (ID3); Áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção (ID4); Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas (ID5); Culturas temporárias (ID6); Culturas permanentes (ID7); Pastagens permanentes (ID8); Áreas agrícolas heterogéneas (ID9); Florestas (ID10); Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea (ID11); Zonas descobertas e com pouca vegetação (ID12); Zonas húmidas litorais (ID13); e Águas interiores (ID14).

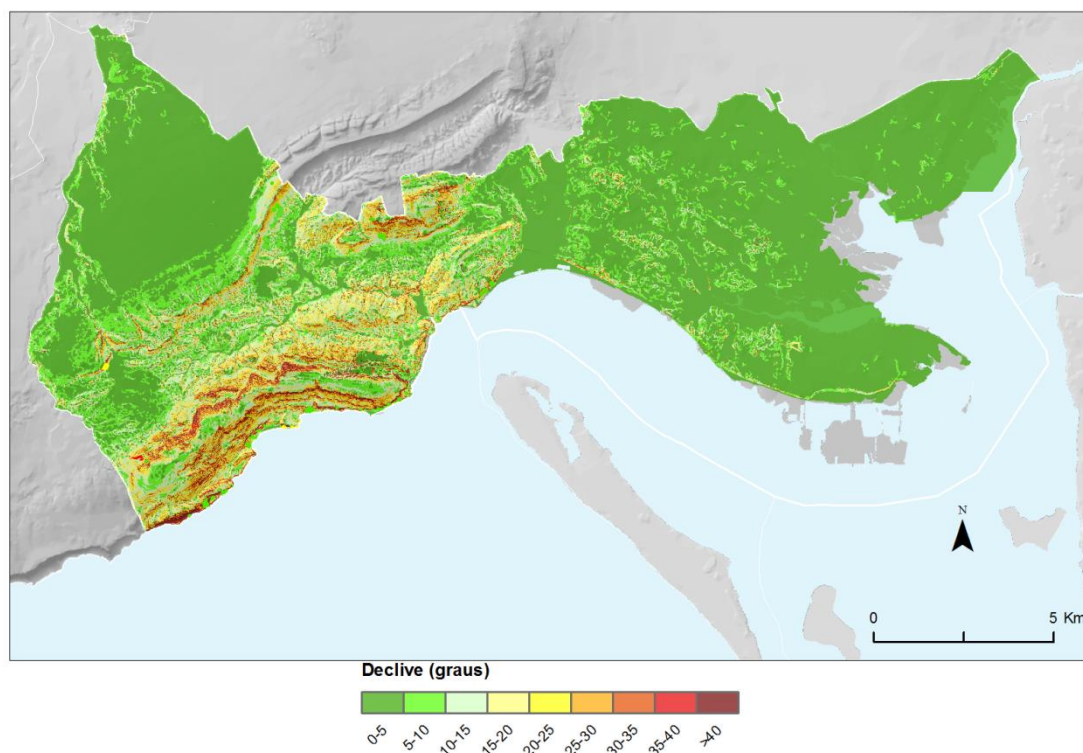


Figura 29 - Declive classificado.

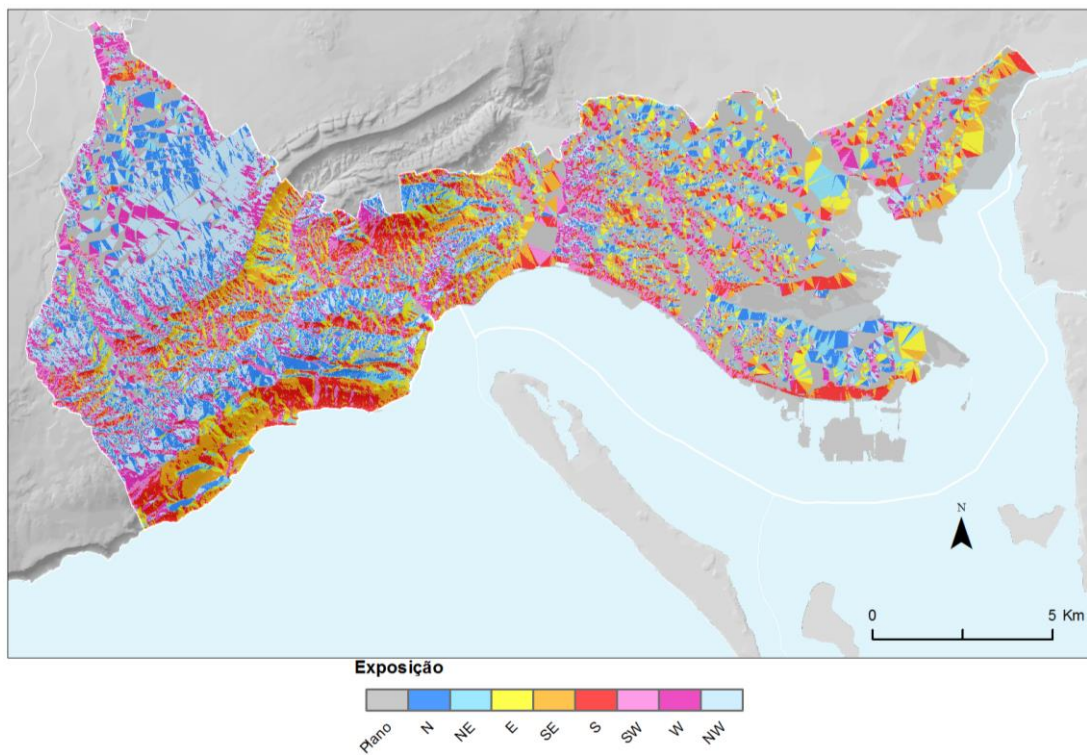


Figura 30 - Exposição classificada.

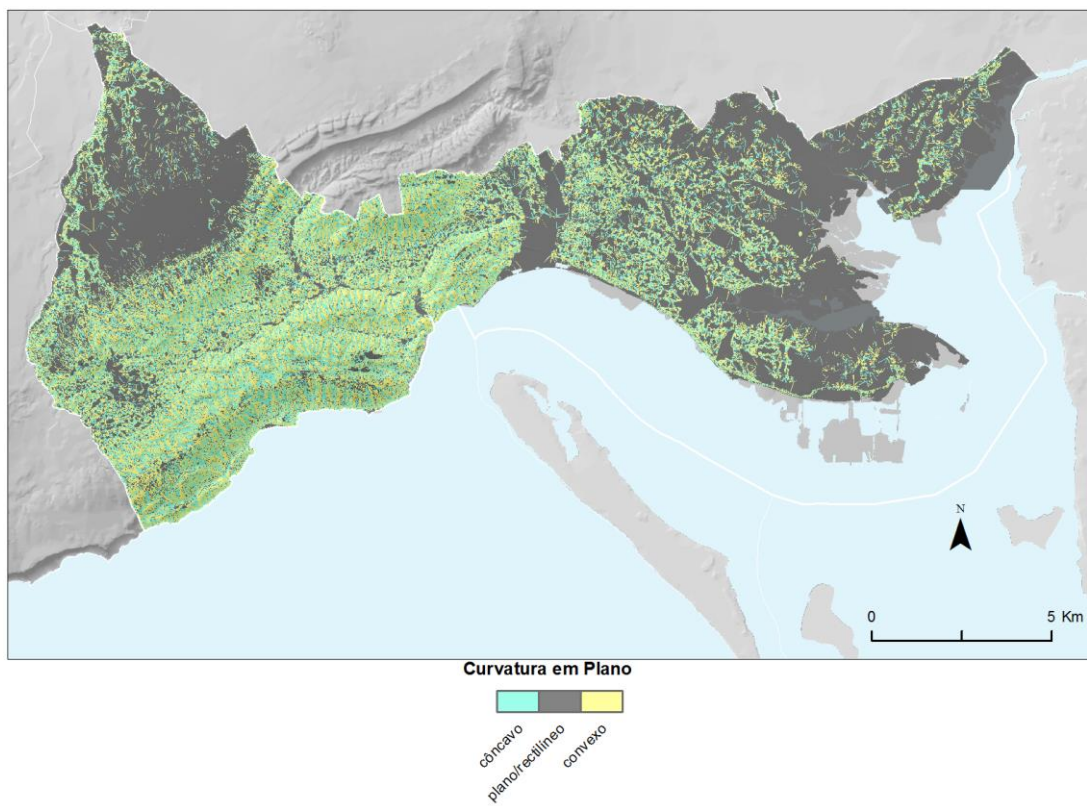


Figura 31 - Curvatura Plana classificada.

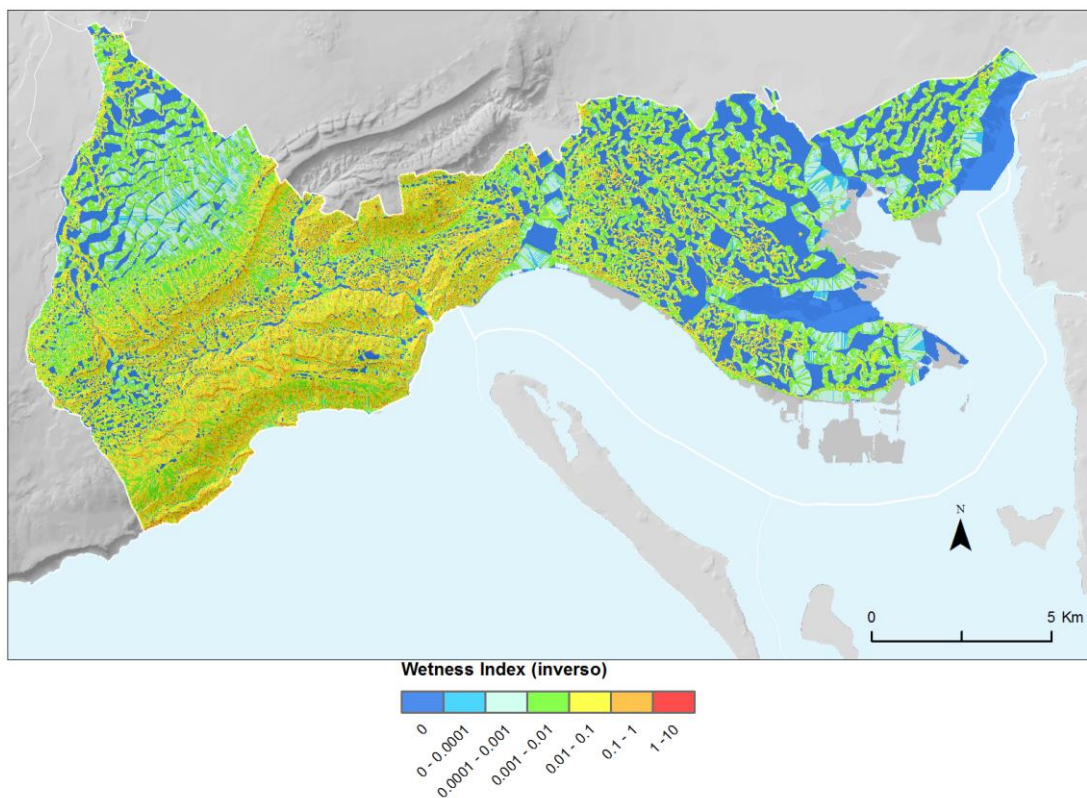


Figura 32 - Wetness Index (Inverso) classificado.

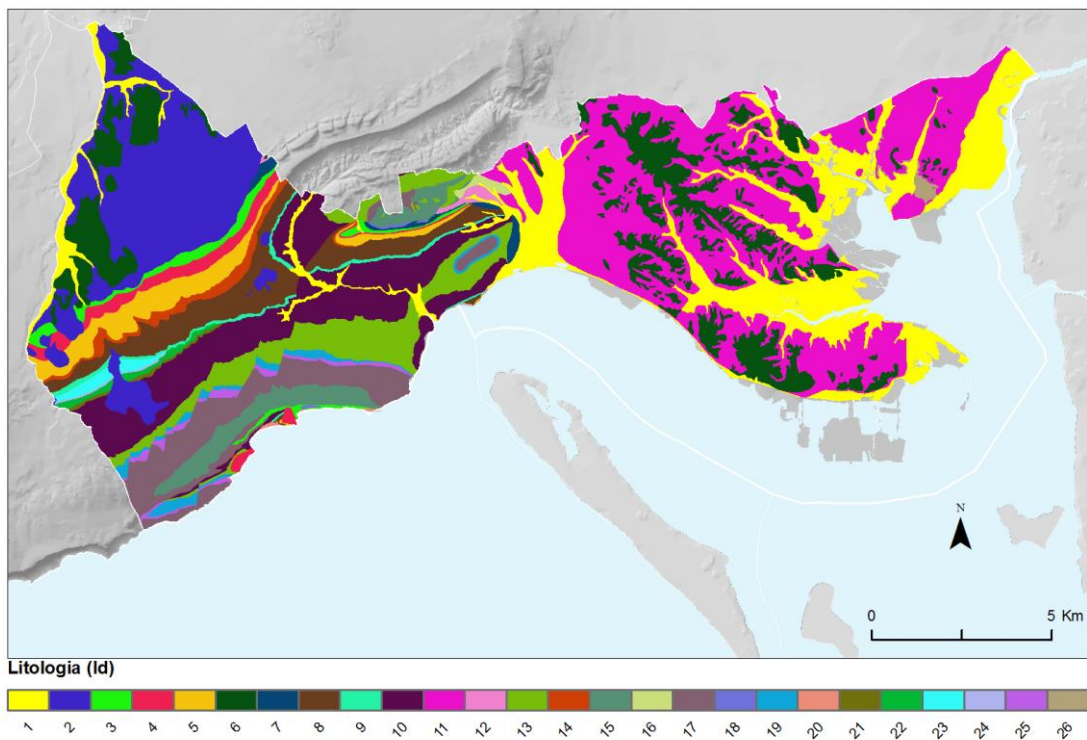


Figura 33 - Unidades litológicas (Legenda: ver Quadro 18).

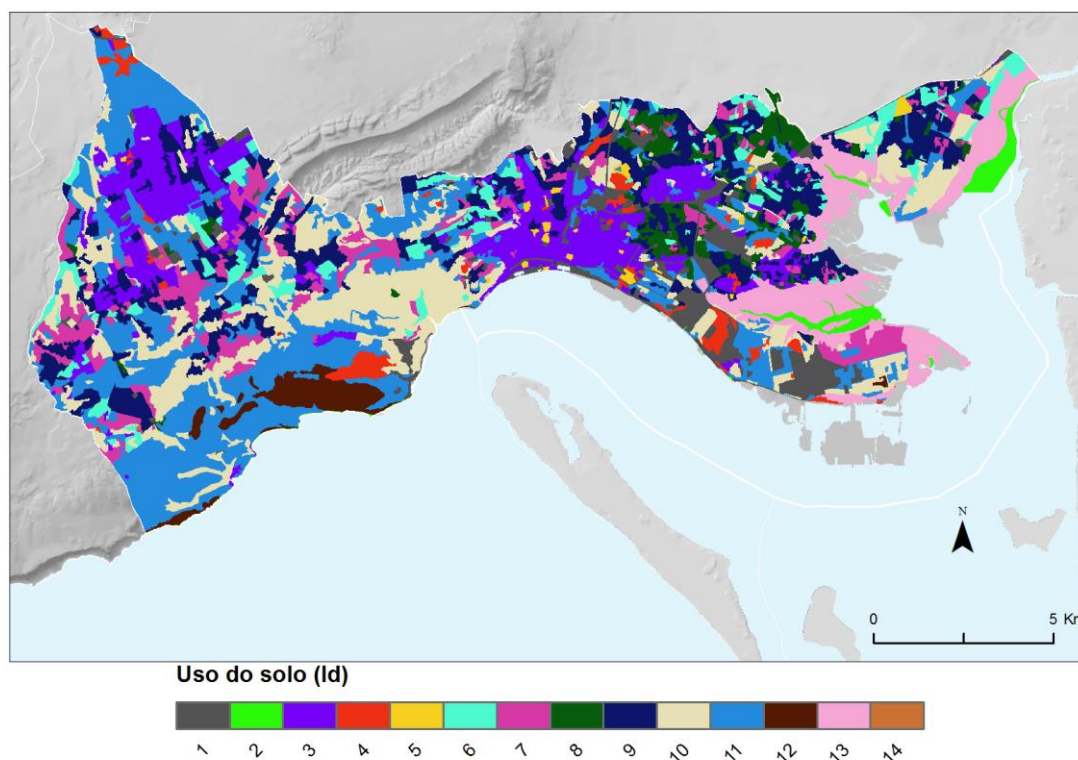


Figura 34 - Uso do solo (Legenda: ver Quadro 18).

2.4.1.4. Avaliação, zonamento e validação das áreas sujeitas ao perigo de instabilidade de vertentes com base na aplicação do método do *Valor Informativo*

O número de desabamentos (5) e escoadas (4) identificados no concelho de Setúbal é demasiado reduzido para sustentar uma avaliação de susceptibilidade robusta e autónoma para esses tipos de movimentos de massa em vertentes. Deste modo, os 9 movimentos em questão foram agregados aos 115 deslizamentos e modelados em conjunto. Com este procedimento preserva-se a informação da totalidade dos movimentos de massa em vertentes inventariados.

O modelo de avaliação da susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa utilizado consistiu no Valor Informativo (Yin & Yan, 1988; Zêzere, 2002), aplicado numa base digital matricial com células de 5 metros. O Valor Informativo é um método estatístico bivariado particularmente apto para estudar relações entre variáveis

independentes (factores condicionantes) e uma variável dependente dicotómica (movimentos de massa em vertentes).

O método do Valor Informativo tem uma base *Bayesiana*, sustentando-se na transformação logarítmica (log natural) da razão entre probabilidade condicionada e probabilidade *à priori*. Com este método é possível ponderar cada classe de cada factor de predisposição da instabilidade de vertentes de forma objectiva e quantificada.

O Valor Informativo (I_i) para qualquer classe X_i de uma variável independente (X) foi determinado, para cada tipo de deslizamento Y , pela seguinte equação:

$$I_i = \ln \frac{S_i}{N_i} / \frac{S}{N} \quad (2)$$

Onde:

S_i = nº de células com movimentos de massa em vertentes na variável X_i , no concelho de Setúbal;

N_i = nº de células com a variável X_i no concelho de Setúbal;

S = nº total de células com movimentos de massa em vertentes no concelho de Setúbal;

N = nº total de células no concelho de Setúbal.

Devido à normalização logarítmica, I_i não é determinável quando $S_i = 0$. Nestes casos, o valor de I_i foi assumido como o decimal inferior ao I_i mais baixo determinado para as diferentes classes da variável considerada.

O valor de susceptibilidade aos movimentos de massa em vertentes para cada célula j corresponde ao Valor Informativo total, dado pela seguinte equação:

$$I_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i \quad (3)$$

Onde:

m = nº de variáveis;

X_{ij} é igual a 1 ou 0, consoante a variável X_i está ou não presente na célula j , respectivamente.

O Método do Valor Informativo foi aplicado à totalidade dos movimentos de massa em vertentes do concelho de Setúbal e os resultados obtidos estão sistematizados no **Quadro 18**. As classes com maior influência na distribuição espacial dos movimentos estão assinaladas a negrito.

O declive das vertentes é uma variável absolutamente determinante na instabilidade das vertentes. No caso do concelho de Setúbal, as vertentes com declive acima dos 20° são muito susceptíveis à ocorrência de movimentos de massa.

No que respeita à exposição das vertentes, verifica-se que os movimentos de massa estão essencialmente associados às vertentes expostas a S e SE, nomeadamente na vertente norte da Serra de S. Francisco e ao longo de toda a faixa litoral.

Os movimentos de massa ocorrem predominantemente associados a vertentes com curvatura plana côncava e nas classes de *wetness index* com valores acima de 0,1.

Os depósitos de vertente constituem a unidade litológica mais favorável à ocorrência de movimentos de massa no concelho de Setúbal. Seguem-se, por ordem de importância: os conglomerados de Guarda-Mor; as margas, argilas, calcários com calhaus negros e conglomerados de Arrábida; as areias da Quinta da Torre e os calcários da Formação de Pedreiras.

No que respeita aos tipos de uso e ocupação do solo, os movimentos de massa em vertentes ocorrem associados principalmente à classe de Zonas descobertas e com pouca vegetação.

A susceptibilidade à ocorrência de cada tipo particular de deslizamento foi efectuada integrando os Valores Informativos do **Quadro 18** na equação (3).

Quadro 18 - Valores Informativos das classes das 7 variáveis consideradas para avaliar a susceptibilidade aos movimentos de massa em vertentes.

ID	Classes	Valor Informativo
Tema: Declive (graus)		
1	0-5	-3.145
2	5-10	-1.772
3	10-15	0.048
4	15-20	0.895
5	20-25	1.315
6	25-30	1.615
7	30-35	2.122
8	35-40	2.633
9	>40	2.953
Tema: Exposição		
1	Plano	-2.432
2	N	-3.768
3	NE	-2.682
4	E	0.420
5	SE	1.372
6	S	1.166
7	SW	0.219
8	W	-0.436
9	NW	-1.606
Tema: Curvatura Plana		
1	côncavo	0.822
2	rectilíneo/plano	-1.985
3	convexo	0.555
Tema: Wetness Index (Inverso)		
1	0	-3.295
2	0-0.0001	-2.862
3	0.0001-0.001	-1.632
4	0.001-0.01	-0.578
5	0.01-0.1	0.541
6	0.1-1	1.361
7	1-10	2.662
Tema: Litologia		
1	Aluviões, aterros	-2.600
2	Formação de Santa Marta: areias	-2.600
3	Areias da Quinta da Torre	1.755
4	Argilitos e margas de Azeitão	0.417
5	Calcários margosos de Palhavã	0.297
6	Formação de Marco Furado: argilitos e conglomerados	-2.227
7	Arenitos e calcoarenitos de Pinhel e Castelo de Palmela	0.107
8	Conglomerados, arenitos e margas de Picheiros	1.051
9	Formação de Rodízio: pelitos, arenitos e conglomerados	1.191
10	Conglomerados de Comenda	0.422
11	Formações de Ulme e de Tomar indiferenciadas: areias, arenitos e argilitos	-2.505
12	Areias e margas de Quinta do Anjo	0.899
13	Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca	0.002
14	Calcários da Senhora das Necessidades	0.207
15	Dolomitos do Convento e de São Luís (Formação de Achada)	0.351
16	Conglomerados de Guarda-Mor	2.247
17	Formação de Pedreiras: calcários	1.666
18	Depósitos de vertente	4.137
19	Calcários de Azóia	1.043
20	Areias de praia	1.483
21	Formação de Porto da Calada: arenitos, pelitos, calcários e dolomitos	-2.600
22	Formações de Vale de Lobos e de Guia indiferenciadas: arenitos, pelitos e calcários	-0.456
23	Formação de Fonte Grada: arenitos, conglomerados e pelitos	-2.600
24	Formação de Maceira: margas e calcários	-2.600
25	Margas, argilas, calcários com calhaus negros e conglomerados de Arrábida	1.760
26	Arenitos de Marateca	-2.600
Tema: Uso do Solo		
1	Indústria, comércio e transportes	-3.730
2	Águas marinhas e costeiras	-0.112
3	Tecido urbano	-1.986
4	Áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	-1.071
5	Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	-3.800
6	Culturas temporárias	-1.816
7	Culturas permanentes	-0.666
8	Pastagens permanentes	-3.800
9	Áreas agrícolas heterogéneas	-0.846
10	Florestas	0.329
11	Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea	0.701
12	Zonas descobertas e com pouca vegetação	2.065
13	Zonas húmidas litorais	-3.800
14	Águas interiores	-3.800

A validação dos resultados foi efectuada através da determinação das taxas de sucesso do modelo, obtida a partir do cruzamento dos resultados da avaliação da susceptibilidade com os movimentos de massa em vertentes inventariados. Tecnicamente, a taxa de sucesso permite a determinação do ajuste do modelo preditivo da susceptibilidade aos dados que lhe deram origem. A expressão gráfica da Taxa de Sucesso obtém-se através da representação da percentagem da área de estudo, hierarquizada por ordem decrescente de instabilidade (em abcissas) e a correspondente distribuição acumulada da área instabilizada correctamente classificada (em ordenadas).

A **Figura 35** representa a curva de sucesso do modelo de susceptibilidade a movimentos de massa no concelho de Setúbal. As classes de susceptibilidade foram definidas a partir do traçado das curvas de sucesso e da área validada correspondente. Assim, os limites das classes de susceptibilidade Muito elevada (I), Elevada (II), Moderada (III), Reduzida (IV) e Muito reduzida (V) foram definidos, respectivamente, pelos seguintes valores de área deslizada acumulada: 50%; 70%; 90%; 95%; e 100%.

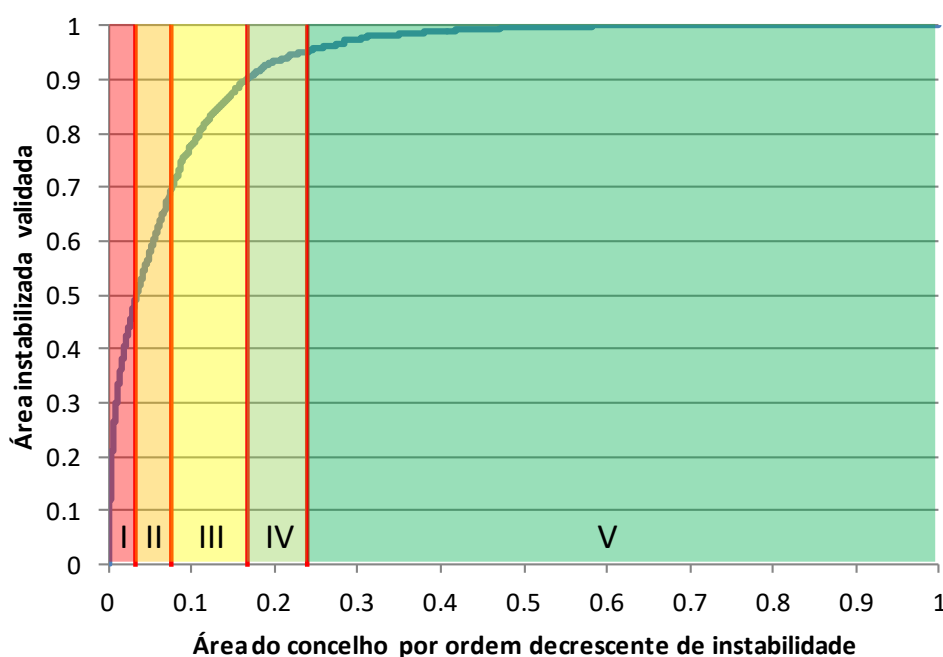


Figura 35 - Curva de Sucesso do modelo de susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes. Classes de Susceptibilidade: I – Muito elevada; II – Elevada; III – Moderada; IV – Reduzida; V – Muito reduzida.

A **Figura 36** representa o mapa de susceptibilidade a movimentos de vertente no concelho de Setúbal. Refira-se que, para efeito da cartografia produzida de acordo com o “Guia Metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal” (Julião et al., 2009), as duas classes superiores de susceptibilidade (Muito elevada e Elevada) devem ser agregadas numa única, com a designação genérica de “Susceptibilidade Elevada”.

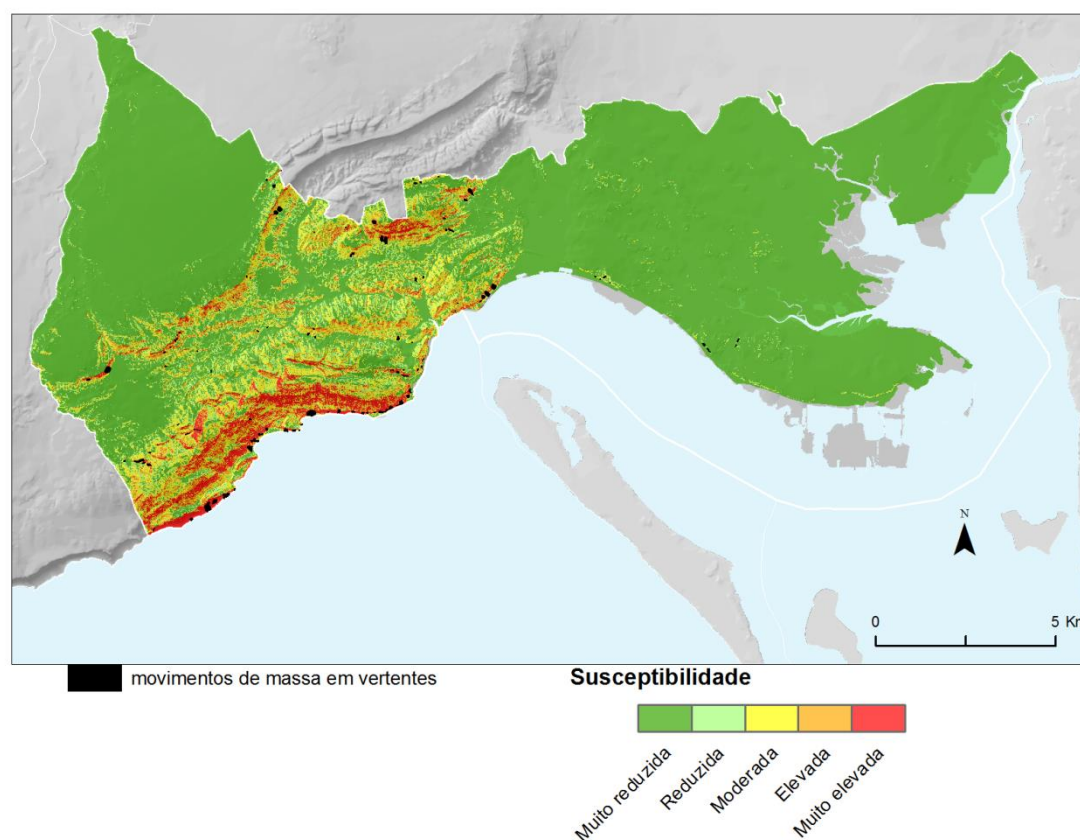


Figura 36 - Susceptibilidade a movimentos de massa em vertentes.

2.4.1.5. Selecção das zonas que devem integrar a Reserva Ecológica Nacional na tipologia “Áreas de instabilidade de vertentes”

De acordo com o “Projecto de Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional” (CNREN, 2010), devem integrar a REN as vertentes classificadas como mais susceptíveis pela aplicação do Método do Valor Informativo. A área a integrar na REN deve ser a suficiente

para garantir a inclusão de uma fracção nunca inferior a 70% das áreas identificadas como instabilizadas no inventário. Assim, é expectável que cerca de 30% dos movimentos de massa em vertentes não sejam englobados na REN pelo modelo preditivo baseado na aplicação do Valor Informativo.

A superfície correspondente aos movimentos de massa em questão deve ser incluída directamente na REN, acrescida de uma faixa de segurança de 10 m definida para o exterior dos limites de cada movimento.

As escarpas (vertentes com declive superior a 100% ou 45°) devem ser delimitadas e incluídas directamente na REN, enquanto áreas de instabilidade de vertentes. Adicionalmente, incluem-se faixas de protecção delimitadas a partir do rebordo superior e da base, com largura determinada em função da geodinâmica e dimensão das escarpas e do interesse cénico e geológico do local.

A área seleccionada para integrar a REN corresponde às vertentes classificadas com susceptibilidade Muito elevada e Elevada na **Figura 36**. A taxa de sucesso do modelo de susceptibilidade indica que estas duas classes validam 70% da totalidade dos movimentos de vertente identificados no concelho de Setúbal, pelo que está cumprido o requisito estabelecido no Projecto de Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional” (CNREN, 2010)

Como se observa no **Quadro 19**, as áreas abrangidas pelas classes de susceptibilidade Muito elevada e Elevada correspondem a 8,1% da superfície do concelho de Setúbal, abrangendo o total de 1275,7 ha. Estas vertentes constituem a maior fracção das áreas de instabilidade de vertentes que devem integrar a REN e estão expressas na **Figura 37**.

Refira-se que os resultados obtidos da modelação em SIG foram generalizados a partir da definição de unidades cartográficas de dimensão mínima equivalente a 1000 m², para aumentar a compacidade das manchas da REN, desejável para fins de gestão territorial. Este valor corresponde a cerca de 1/3 da área média dos movimentos de vertente inventariados no concelho de Setúbal, sendo considerado ajustado à realidade do território, para efeitos de generalização.

Quadro 19 - Área abrangida (%) pelas classes de susceptibilidade no concelho de Setúbal.

Classes de susceptibilidade	% do território concelho
Muito elevada	3,4
Elevada	4,7
Moderada	8,9
Reduzida	4,7
Muito reduzida	78,7

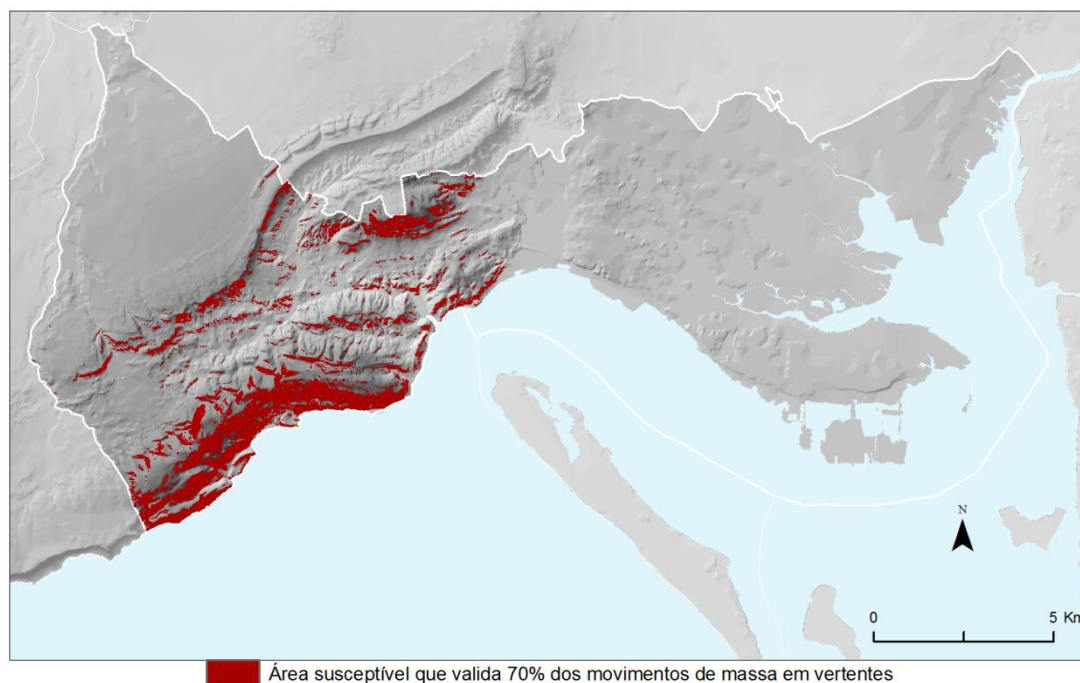


Figura 37 - Vertentes necessárias para validar 70% dos movimentos do inventário, para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.

Uma vez que é de esperar que cerca de 30% dos movimentos de massa em vertentes não estejam abrangidos pela mancha da **Figura 37**, optou-se por aplicar um *buffer* de 10 metros a todos os 124 movimentos de massa em vertentes inventariados no concelho de Setúbal. A totalidade dos deslizamentos e a sua faixa de segurança estão representados na **Figura 38** e representam o segundo elemento a integrar nas Áreas de Instabilidade das Vertentes da REN, abrangendo uma superfície de 72,4 ha.

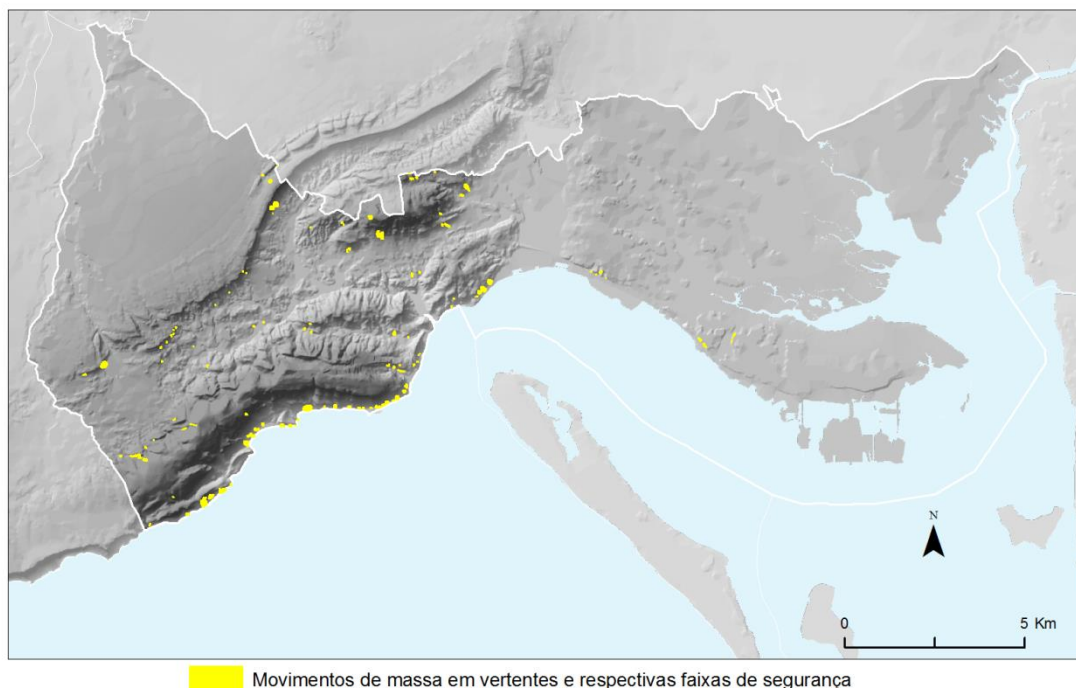


Figura 38 - Deslizamentos e respectivas faixas de segurança, para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.

Por último, foram delimitadas as escarpas (vertentes com declive superior a 100% ou 45°), que se apresentam na **Figura 39**. As escarpas abrangem uma área de 65,1 ha e integram-se praticamente na totalidade na mancha das vertentes com susceptibilidade Muito elevada e Elevada. Por esta razão, não se considerou necessário delimitar as faixas de protecção das escarpas, a partir do rebordo superior e da base, uma vez que essas áreas já se encontram incluídas nas Áreas de Instabilidade de Vertentes integradas na REN.

É de realçar que o procedimento de generalização não foi alargado às escarpas, uma vez que a sua projecção horizontal peca muito por defeito por comparação à sua superfície real. Assim, no caso das escarpas optou-se por não efectuar qualquer generalização cartográfica. A opção de não generalização foi igualmente adoptada no caso da representação dos movimentos de vertente e respectivos buffers, para não correr o risco de eliminar da REN qualquer área reconhecidamente instabilizada.

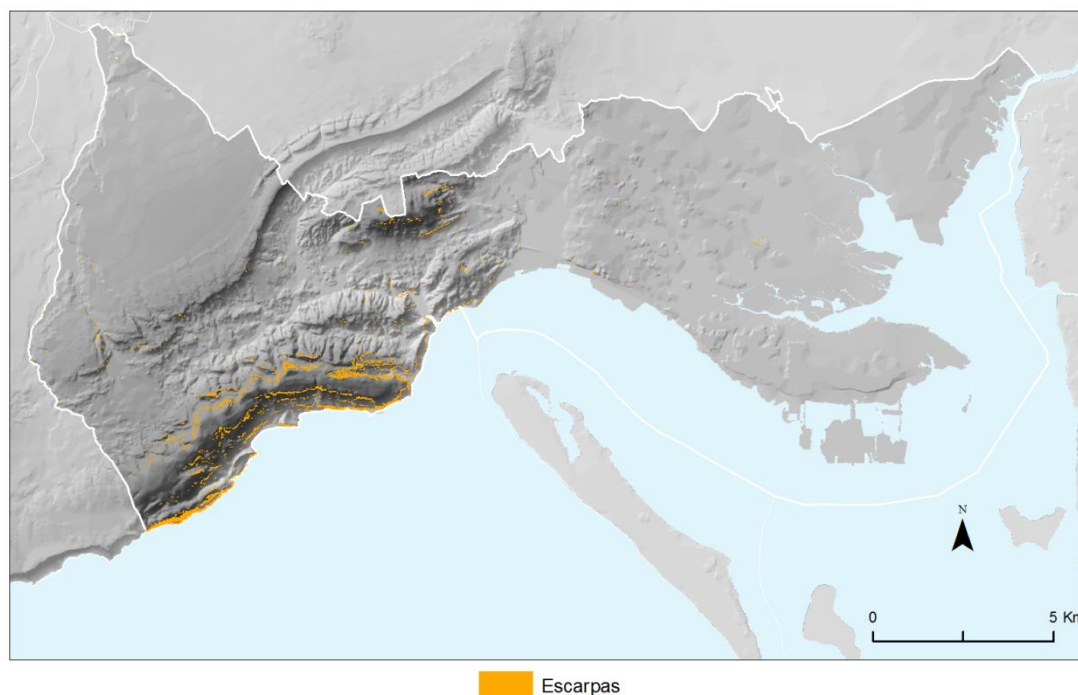
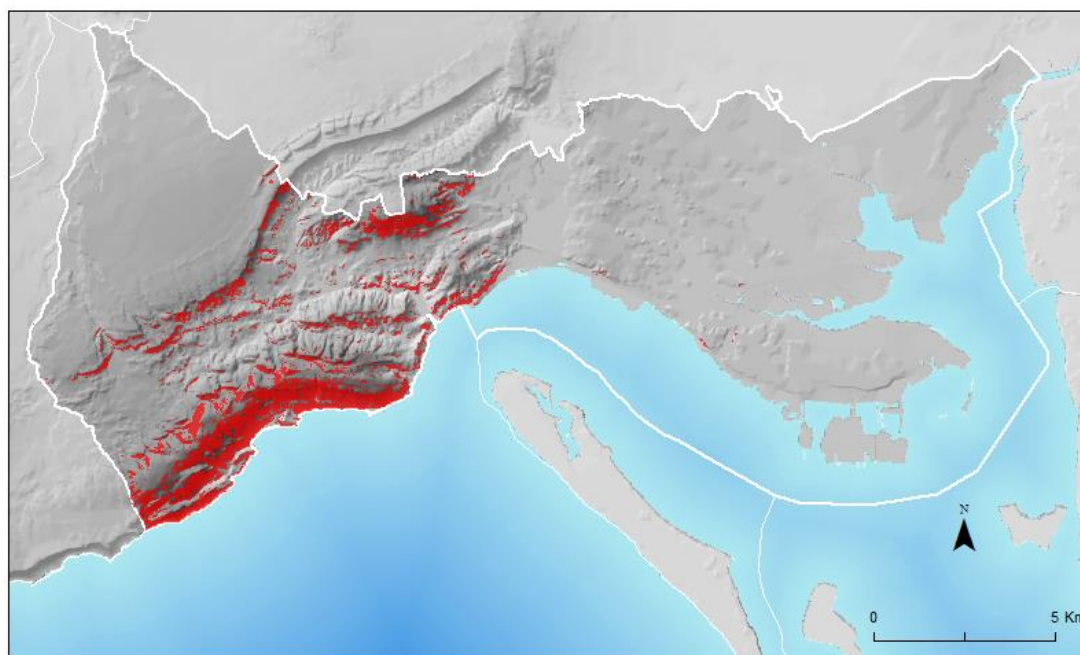


Figura 39 - Escarpas (declive > 45°), para integrar as Áreas de Instabilidade de Vertentes.

As Áreas de Instabilidade de Vertentes da Reserva Ecológica Nacional do concelho de Setúbal estão representadas na **Figura 40** e resultam da união das **Figuras 37, 38 e 39**, às quais foram subtraídas as áreas correspondentes às arribas litorais. A área total abrangida por este elemento da REN corresponde a 1941,50 ha, o que representa 8,4% da superfície total do concelho q. Como se verifica no **Quadro 20**, as Áreas de Instabilidade de Vertentes estão praticamente constrangidas às freguesias de Azeitão (São Lourenço e São Simão) (cerca de 1172 hectares, correspondentes a 17% da superfície total da freguesia) e S. Julião, N.S. da Anunciada e S. Maria da Graça (cerca de 765 hectares, correspondentes a 20,8% da superfície total da freguesia). Nas restantes freguesias a instabilidade de vertentes não existe ou é residual.



 Área de instabilidade de vertentes (REN bruta)

Figura 40 - Áreas de Instabilidade de Vertentes da Reserva Ecológica Nacional (REN Bruta).

Quadro 20 - Áreas de instabilidade de vertentes no âmbito da REN, por freguesia.

Freguesia	Área AIV (ha)	%
Azeitão (São Lourenço e São Simão)	1172,17	16,9
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	0,00	0,0
S. Julião, N.S. da Anunciada e S. Maria da Graça	765,06	20,8
Sado	2,83	0,04
Setúbal (São Sebastião)	1,44	0,06
Concelho	1941,50	8,4

2.4.1.6. Elementos expostos nas áreas de instabilidade de vertentes

Para avaliar os elementos expostos nas áreas de instabilidade de vertentes utilizou-se a mesma metodologia de cartografia dasimétrica já empregada anteriormente. Assim, a população e o edificado expostos foram estimados pela sua proporção relativa à área que ocupam na classe (assumindo-se uma distribuição normal/homogénea) e tendo por base os dados da população e do edificado referentes ao Censos 2001, devidamente georreferenciados e desagregados à respectiva subsecção estatística. Deste modo (**Quadro 21**), cerca de 0,2% da população do concelho de Setúbal reside em áreas de instabilidade de vertentes. Quanto ao edificado, 0,65% do total de edifícios localiza-se em zonas com essas características. Relativamente às freguesias, destaca-se a de Nossa Senhora da Anunciada, com 0,9% da sua população e 1,41% do seu edificado situados em áreas de instabilidade de vertentes, seguida da de São Lourenço com 0,51% e 1,98%, respectivamente. Por fim, destaque ainda para a freguesia de São Simão com 0,44% da sua população e 0,65% do seu edificado nas mesmas condições. Nas restantes freguesias, o edificado e a população nestas áreas é inexistente ou pouco significativo.

Quadro 21 - Edificado e população residente em áreas de instabilidade de vertentes, por freguesia do concelho de Setúbal (Censos 2001).

	População residente	Edifícios clássicos
	%	
Setúbal (Nossa Senhora da Anunciada)	0,90	1,41
Setúbal (Santa Maria da Graça)	0,00	0,00
Setúbal (São Julião)	0,00	0,00
São Lourenço	0,51	1,98
Setúbal (São Sebastião)	0,01	0,01
São Simão	0,44	0,65
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	0,00	0,00
Sado	0,00	0,01
Concelho	0,19	0,65

2.4.2. Erosão costeira

2.4.2.1. Galgamentos oceânicos (zonas ameaçadas pelo mar)

De acordo com o n.º 1 da alínea *(b)* da Secção III do Anexo I do DL 166/2008, as zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos são "(...) áreas contíguas à margem das águas do mar que, em função das suas características fisiográficas e morfológicas, evidenciam elevada susceptibilidade à ocorrência de inundações por galgamento oceânico." A sua delimitação inclui as áreas susceptíveis de inundação por galgamento oceânico e todas as que apresentem registos e/ou indícios de tal ocorrência no passado. Os limites destas zonas devem também corresponder ao efeito combinado de quatro componentes: a cota do nível médio do mar, a elevação da maré astronómica, a sobre-elevação meteorológica e o espraio da onda. Para este caso, adoptou-se uma cota de inundação de 8 metros para um episódio de galgamento oceânico, dadas as semelhanças encontradas com o trabalho desenvolvido por Taborda *et. al.*, 2010 (*e.g.* exposição meridional, *etc.*). Às zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (**Figura 41**) corresponde uma área de cerca de 0,242 km².



Figura 41 - Zonas ameaçadas pelo mar não classificadas como zonas adjacentes nos termos da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos, no concelho de Setúbal.

2.4.2.2. Instabilidade das arribas

As arribas são formas erosivas com declive forte, talhada em rochas coerentes, localizadas frente ao mar, que evoluem, no sector cimeiro por processos subaéreos, frequentemente condicionados pela instabilização provocada na base por acção directa da ondulação ou por processos (físicos, químicos e/ou biológicos) ligados à presença da água do mar. A sua delimitação (**Figura 42**) teve em linha de conta, para o limite inferior, a base das arribas não incluindo os depósitos de sopé, e para o limite superior, o rebordo superior das arribas ou, quando este se apresentava pouco explícito, as áreas de rotura de declive ou de menor raio de curvatura do perfil. Em qualquer caso, foram também considerados os critérios de demarcação referidos no Despacho n.º 12/2010, de 25 de Janeiro, do Instituto da Água, I.P. Para efeitos de REN, foram delimitadas faixas de protecção no topo das arribas (que englobam cumulativamente as figuras da faixa de risco e da faixa de protecção em vigor no âmbito do POOC Sintra - Sado, conforme as recomendações estabelecidas no Projecto de Orientações Estratégicas de Âmbito

Nacional (CNREN, 2010)) e também na sua base (de acordo com os critérios estabelecidos no Projecto de Orientações Estratégicas de Âmbito Nacional (CNREN, 2010)).

Todo o troço litoral do concelho de Setúbal caracterizado por arribas apresenta, de uma forma geral, evidentes marcas de instabilidade, conforme consta do inventário validado com trabalho de campo (**Figura 43**). Estes movimentos de vertente correspondem a desabamentos e deslizamentos rochosos que, na maioria dos casos, progridem até ao mar.

Refira-se que estas áreas instabilizadas encontram-se já abrangidas pelas "Áreas de Instabilidade de Vertentes da Reserva Ecológica Nacional" (REN bruta) anteriormente apuradas.

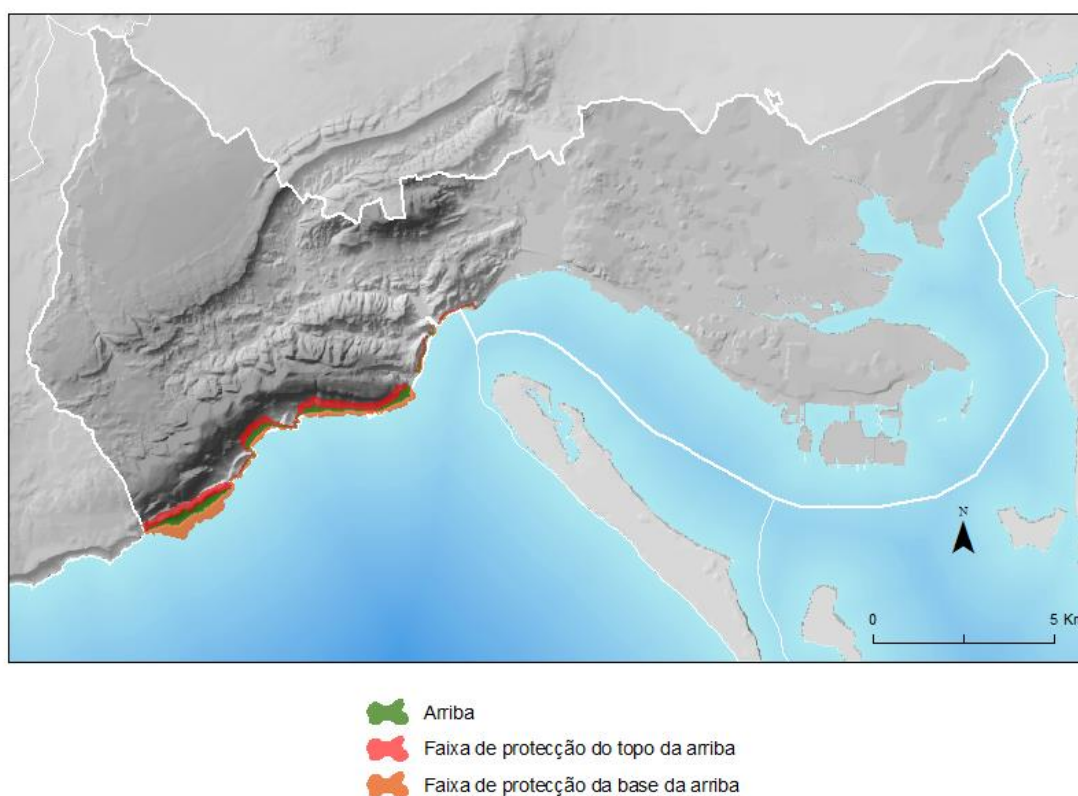


Figura 42 - Arribas e respectivas faixas de protecção no concelho de Setúbal.

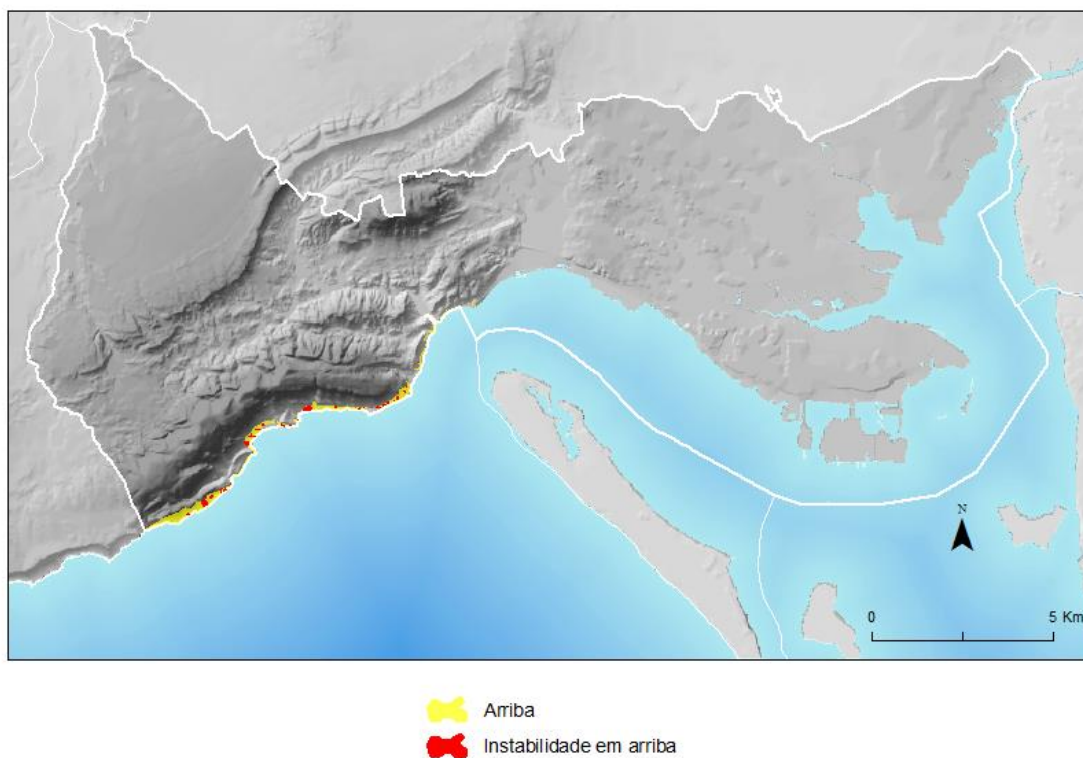


Figura 43 - Inventário de movimentos de massa nas arribas do concelho de Setúbal.

3. Riscos mistos

3.1. Incêndios florestais

Os incêndios florestais ocorrem todos os anos em Portugal e constituem o maior risco das florestas portuguesas com graves consequências ambientais e socioeconómicas. Fustigam o território especialmente no Verão mas podem ocorrer em qualquer época do ano desde que esta seja seca.

No município de Setúbal, a gestão do território está sujeito a diversos instrumentos de ordenamento, dos quais se destacam os seguintes, relacionados na sua essência com as florestas: o Plano Regional de Ordenamento Florestal da Área Metropolitana de Lisboa (PROF-AML), o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Arrábida (POPNA), e o Plano Sectorial de Rede Natura 2000.

O PROF-AML, estabelecido pelo Decreto Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro, é um instrumento de gestão de política sectorial, que incide sobre espaços florestais e visa enquadrar e estabelecer normas específicas de uso, ocupação, utilização e ordenamento florestal, por forma a promover e garantir a produção de bens e serviços e o desenvolvimento sustentado destes espaços. Abrange os municípios de Mafra, Sintra, Loures, Vila Franca de Xira, Cascais, Oeiras, Amadora, Odivelas, Lisboa, Almada, Seixal, Barreiro, Moita, Alcochete, Montijo, Sesimbra, Setúbal e Palmela. O PROF-AML compatibiliza-se com o PROT-AML e assegura a contribuição do sector florestal para a elaboração e alteração dos restantes instrumentos de gestão territorial. As orientações estratégicas florestais constantes no PROF-AML, fundamentalmente no que se refere à ocupação, uso e transformação do solo nos espaços florestais, são integradas nos planos municipais de ordenamento do território (PMOT) e nos planos especiais de ordenamento do território (PEOT), de acordo com as devidas adaptações por estes propostas. A Autoridade Florestal Nacional é responsável pelo acompanhamento da elaboração, revisão e alteração dos PMOT e PEOT, assegurando sua correcta compatibilização com o PROF. O PROF-AML traduz uma visão para os espaços florestais da área metropolitana de Lisboa baseada na noção de uma floresta diversificada, com espaços florestais estabilizados e explorados de uma forma sustentável. São

consideradas cinco funções principais para os espaços florestais: conservação; protecção; produção; recreio e paisagem; silvopastorícia, caça e pesca.

O concelho de Setúbal insere-se em três sub-regiões homogéneas definidas no PROF-AML: "Arribas-Arrábida", "Estuário do Sado" e "Península de Setúbal". A sub-região homogénea Arribas-Arrábida corresponde à faixa costeira desde a Trafaria até Setúbal, e procura abranger todos os habitats de maior relevância, apresentando por isso a conservação como função primordial. As suas características singulares de estabilização da arriba fóssil conferem-lhe como segunda função a protecção, sendo que o seu valor paisagístico e a proximidade aos centros urbanos justificam a determinação da terceira função de recreio, enquadramento e estética da paisagem. A sub-região homogénea do Estuário do Sado apresenta como primeira função a conservação, seguida das funções de protecção e recreio, enquadramento e estética da paisagem. Por último, a sub-região homogénea da Península de Setúbal, apresenta como função prioritária o recreio, enquadramento e estética da paisagem. A silvopastorícia, caça e pesca surgem como segunda função, pela sua importância ao nível regional. A terceira função desta sub-região homogénea é a produção, reflectindo a aptidão florestal da região, podendo esta ser oprimida pelas duas funções anteriores.

No PROF-AML são identificadas as freguesias de São Lourenço, São Simão, e Nossa Senhora da Anunciada como freguesias com espaços florestais prioritários para instalação de zonas de intervenção florestal (ZIF). São ainda propostas medidas de protecção da floresta contra incêndios, definindo um conjunto de zonas críticas, regulando a gestão de combustíveis, a edificação em zonas de elevado risco de incêndio, entre outras medidas.

O POPNA foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 141/2005, de 23 de Agosto. Dentro das actividades condicionadas e sujeitas a autorização ou parecer vinculativo destacam-se: a realização de cortes de povoamentos florestais, de desbastes e de plantação de espécies autóctones, a abertura ou alteração de acessos rodoviários fora dos perímetros urbanos, incluindo as obras de manutenção e conservação, quando impliquem alteração da plataforma de estrada existente, bem como de acessos de carácter agrícola e florestal e de aceiros, e a limpeza de áreas florestais, matos ou

matagais. O POPNA estabelece áreas de protecção total, onde a presença humana é fortemente condicionada e áreas de protecção complementar onde as obras de construção autorizadas devem assegurar um sistema autónomo de combate a incêndios e a aplicação das medidas de redução do risco de incêndio previstas na legislação aplicável.

A Rede Natura 2000 é composta por áreas de importância comunitária para a conservação de determinados habitats e espécies, nas quais as actividades humanas deverão ser compatíveis com a preservação destes valores, com vista a uma gestão sustentável. Esta rede é formada por Zonas de Protecção Especial (ZPE) e Sítios Classificados (também designados por Zonas Especiais de Conservação (ZEC)). O Plano Sectorial para a implementação da Rede Natura 2000 (PSRN2000) aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 115-A/2008, de 21 de Julho, estabelece os usos e regimes de gestão compatíveis com a conservação dos valores naturais das diferentes áreas que constituem esta rede a nível nacional e vincula as entidades públicas, dele se extraíndo orientações estratégicas e normas programáticas para a actuação da administração central e local. Os espaços classificados como Rede Natura 2000 no concelho de Setúbal integram 2 Sítios Classificados (Arrábida-Espichel, e Estuário do Sado) e 1 Zona de Protecção Especial (Estuário do Sado). Nestes espaços foi estabelecido um conjunto de habitats classificados e prioritários, com elevado valor para a conservação da flora e fauna, para os quais existem limitações para tipos e formas de intervenção e orientações de gestão, e onde o planeamento florestal deve promover modelos de silvicultura compatíveis com a conservação dos habitats.

O município de Setúbal, conjuntamente com os de Sesimbra e Palmela, elaboraram um Plano Intermunicipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI). De acordo com a Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo (Lei n.º 48/98, de 11 de Agosto), após a sua aprovação os municípios são obrigados a assegurar a compatibilidade entre este Plano e o PDM em elaboração ou revisão, de forma a que o PDM acautele a programação e a concretização das políticas de desenvolvimento económico, social e de ambiente que constam do PMDFCI.

Neste sentido, o PDM deve:

- fazer a classificação e qualificação do solo, reflectindo a cartografia de risco de incêndio, que consta no PMDFCI aprovado (Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de Junho (DL 124/2006) - Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios);
- delimitar e regulamentar a cartografia de risco de incêndio (mapas de risco e de perigosidade) e as cartas da rede regional de defesa da floresta contra incêndios (DL 124/2006);
- interditar a construção de edifícios para habitação, comércio, serviços e indústria em áreas classificadas nos PMDFCI com risco de incêndio elevado ou muito elevado e garantir que em solo florestal ou rural, no licenciamento de novas edificações, se salvguarde na sua implantação no terreno, uma distância à estrema da propriedade de pelo menos 50 m (DL 124/2006).

A **Figura 44** é representativa da perigosidade de incêndio florestal apurada no Plano Intermunicipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios acima referido. Em termos gerais, 54,8% do território concelhio de Setúbal encontra-se abrangido, de forma desigual, pelas 5 classes de perigosidade de incêndio florestal. As classes de perigosidade *Alta* e *Muito alta* perfazem um total de 13,5% da área do concelho. Cerca de 89% da superfície da freguesia de São Lourenço contém perigosidade de incêndio florestal associada, sendo que 32,7 % se enquadra nas classes *Alta* e *Muito alta*. São Simão e Nossa Senhora da Anunciada têm cerca de 80% da sua superfície nas mesmas condições, sendo que em conjunto, as classes *Alta* e *Muito alta* representam 20,8% e 36,1% desses territórios, respectivamente (**Quadro 22**). Note-se que todas as freguesias de Setúbal, à excepção de São Lourenço e São Simão, possuem território emerso e imerso, pelo que as percentagens referidas respeitam à totalidade dos territórios, independentemente da sua condição.

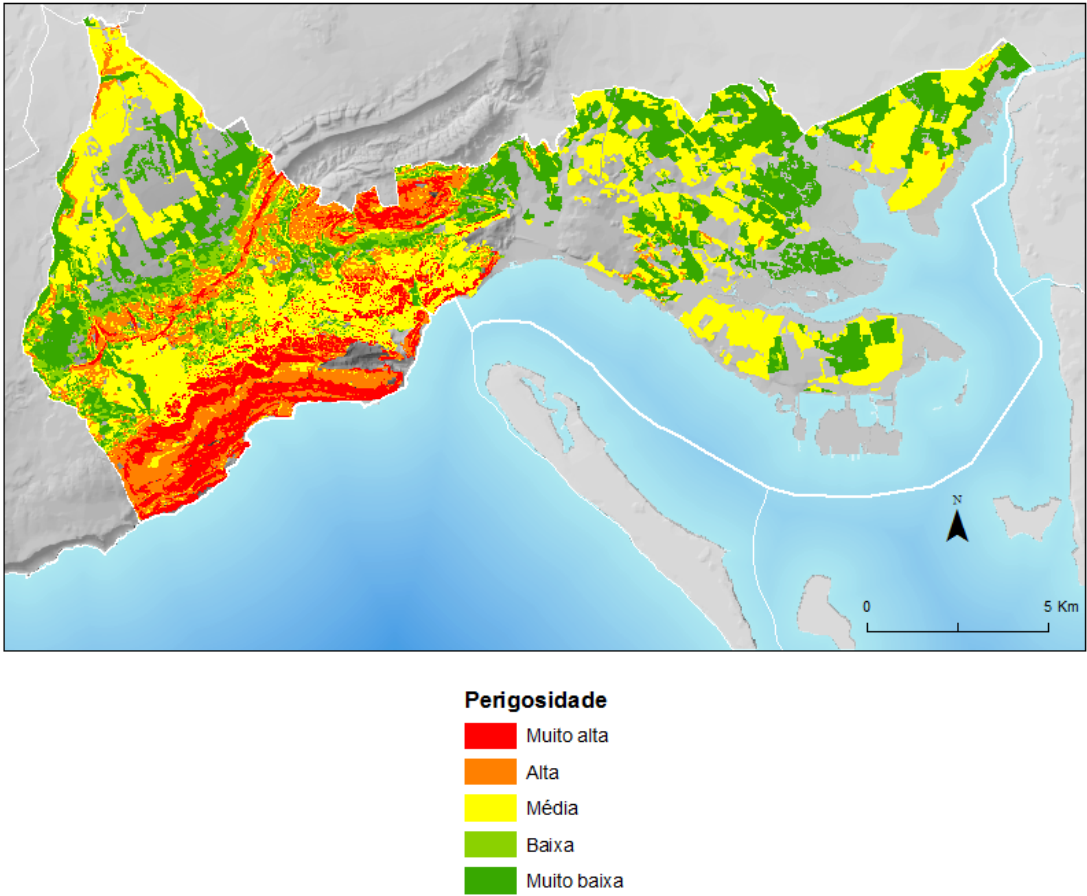


Figura 44 - Perigosidade de incêndio florestal no concelho de Setúbal.

Quadro 22 - Perigosidade de incêndio florestal no concelho de Setúbal, por freguesia.

	Perigosidade										Total Geral	
	Muito baixa		Baixa		Média		Alta		Muito alta			
	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra	30,2	994,594	0,3	8,831	25,2	829,230	0,2	7,527	0,002	0,052	55,8	1840,23
Nossa Senhora da Anunciada	8,8	255,455	6,3	185,111	28,9	844,455	17,7	515,659	18,4	536,206	80,1	2336,89
Sado	6,4	421,437	0,2	12,529	9,4	613,967	0,04	2,852	0,0	0,000	16,0	1050,78
Santa Maria da Graça	20,8	56,895	1,1	2,929	17,7	48,453	0,03	0,092	0,0001	0,0002	39,5	108,37
São Julião	34,3	166,272	2,4	11,858	5,5	26,581	2,1	10,344	0,04	0,170	44,4	215,22
São Lourenço	17,7	838,254	7,1	334,190	31,2	1473,568	17,8	842,033	14,9	703,339	88,7	4191,38
São Sebastião	18,2	469,152	1,3	32,550	22,8	587,327	1,1	28,212	0,002	0,043	43,3	1117,28
São Simão	24,7	545,831	7,0	154,942	27,5	607,973	14,4	318,868	6,4	140,258	80,1	1767,87
Concelho	16,3	3747,890	3,2	742,938	21,8	5031,553	7,5	1725,586	6,0	1380,069	54,8	12628,04

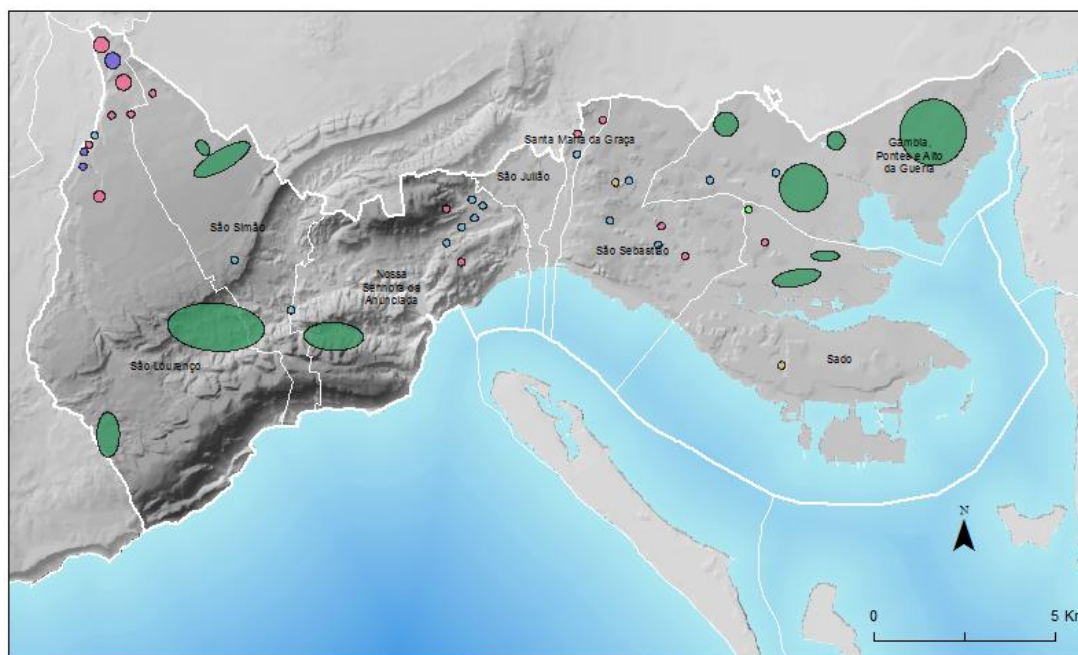
3.2. Contaminação do solo

Os solos são entendidos como um recurso estratégico - na redacção da revisão do PROT-AML, nas suas componentes recurso-solo e recurso-terra, pela sua produtividade potencial (independentemente da cultura que sobre ele se processa), pelo seu papel na recarga dos aquíferos, *etc.* sendo por isso vital avaliar e monitorizar a sua vulnerabilidade à contaminação/poluição.

Segundo esse documento, é da responsabilidade do ministério da tutela a adopção de medidas adequadas para evitar a contaminação do solo por substâncias perigosas através de instrumento regulamentares, e a elaboração de inventários dos locais onde existem solos contaminados por substâncias perigosas quando a respectiva concentração represente um risco grave para a saúde humana ou para o ambiente.

Cabe à Agência Portuguesa do Ambiente o desenvolvimento de programas que permitam a descontaminação dos solos em áreas onde a concentração de substâncias poluentes for considerada acima dos limiares aceitáveis, particularmente no caso de envolverem risco para a saúde e de afectar as actividades humanas, a manutenção do equilíbrio ecológico e da biodiversidade e a contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Na **Figura 45** estão representados as áreas sensíveis atinentes à contaminação potencial dos solos no concelho de Setúbal. É na freguesia de São Lourenço que se concentra um maior número de focos (por freguesia): 11. Seguem-se as freguesias de Nossa Senhora da Anunciada (9), Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra (6) e São Sebastião (6). As restantes freguesias têm 5 ou menos focos de contaminação potencial. No total, estão identificados 45 focos dessa natureza (**Quadro 23**), sendo as tipologias "Depósitos ilegais de materiais diversos à superfície" e "Sucatas" as mais numerosas (14 situações identificadas para cada tipologia), seguida da "Áreas servidas por fossas sépticas" (11 áreas identificadas).



Áreas sensíveis

- Aterros sanitários / Resíduos industriais
- Depósitos ilegais de materiais diversos, em profundidade
- Depósitos ilegais de materiais diversos, à superfície
- Sucatas
- Área onde no passado estiveram depositadas escórias de alumínio
- Áreas servidas por fossas sépticas

Figura 45 - Localização de focos potencialmente contaminadores do solo.

Quadro 23 - Focos de contaminação potencial dos solos, por freguesia do concelho de Setúbal.

	Área onde no passado estiveram depositadas escórias de alumínio	Áreas servidas por fossas sépticas	Aterros sanitários / Resíduos industriais	Depósitos ilegais de materiais diversos, à superfície	Depósitos ilegais de materiais diversos, em profundidade	Sucatas	Total Geral
Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra	-	4	-	-	-	2	6
Nossa Senhora da Anunciada	-	1	-	2	-	6	9
Sado	1	2	1	1	-	-	5
Santa Maria da Graça	-	-	-	2	-	1	3
São Lourenço	-	2	-	5	3	1	11
São Sebastião	-	-	1	2	-	3	6
São Simão	-	2	-	2	-	1	5
Total Geral	1	11	2	14	3	14	45

3.3. Degradação e contaminação de aquíferos

3.3.1. Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos

3.3.1.1. Enquadramento

As áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos são as áreas geográficas que, devido à natureza do solo, às formações geológicas aflorantes e subjacentes e à morfologia do terreno, apresentam condições favoráveis à ocorrência de infiltração e recarga natural dos aquíferos e se revestem de particular interesse na salvaguarda da quantidade e qualidade da água a fim de prevenir ou evitar a sua escassez ou deterioração. (...) A delimitação das áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos deve considerar o funcionamento hidráulico do aquífero, nomeadamente no que se refere aos mecanismos de recarga e descarga e ao sentido do fluxo subterrâneo e eventuais conexões hidráulicas, a vulnerabilidade à poluição e as pressões existentes resultantes de atividades e ou instalações, e os seus principais usos, em especial a produção de água para consumo humano (alínea d), Secção II, Anexo 1, do DL nº 166/2008).

No concelho de Setúbal identifica-se um sistema aquífero, que se destaca pela importância regional: Margem Esquerda (T3).

As áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos (AEPRA) do concelho de Setúbal resultam da proposta da APA, I.P. / ARH Tejo, que tem em conta as características geológicas e hidrogeológicas do território, nomeadamente a análise dos mapas geológicos e respetivas notícias explicativas, de relatórios de sondagem das captações de água subterrânea e de estudos hidrogeológicos.

3.3.1.2. Metodologia

AEPRA afeta à área de atuação da APA, I.P. / ARH Tejo

- A baixa aluvionar associada à ribeira de Coina e principais afluentes foi delimitada como AEPR, tendo em conta o facto destas linhas de água terem sido caracterizadas, no âmbito do Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Tejo, como ecossistemas aquáticos dependentes das águas subterrâneas. A delimitação destas áreas baseou-se no facto das mesmas poderem ser consideradas importantes para assegurar a sustentabilidade destes ecossistemas e da biodiversidade associada, com particular incidência na época de estio;
- No extremo Norte e Este do concelho, onde aflora a Formação de Marco Furado (PMF), foi delimitada AEPR, uma vez que existem evidências de uma espessura considerável de areias sem intercalações argilosas, demonstrada por vários relatórios de sondagem e pelas explorações de areias aqui existentes, assim como a existência de várias lagoas, indicado da possível existência do nível freático junto da superfície;
- As unidades aquíferas semi-confinadas e confinadas Miocénicas da massa de água subterrânea da Bacia do Tejo-Sado /Margem Esquerda são recarregadas por drenância a partir das unidades mais superficiais, quando os potenciais hidráulicos destas formações são superiores, ou a partir da infiltração de água da chuva em áreas onde estas formações afloram. Neste contexto, delimitou-se AEPR na área onde afloram estas formações, designadamente, na vertente Norte dos relevos em estrutura monoclinal que bordejam a Serra da Arrábida;
- Na área onde aflora a Formação de Santa Marta (PSM), uma das principais formações aquíferas desta massa de água, devido à sua espessura e produtividades, e apesar do documento “Reserva Ecológica Nacional da Área Metropolitana de Lisboa, Quadro de Referência Estratégico” referir que toda esta zona deveria ser delimitada como AEPR, considerou-se que deveria ser apenas delimitada esta tipologia de REN em duas áreas junto à vertente Norte dos relevos em estrutura monoclinal que bordejam a Serra da Arrábida. A delimitação de AEPR nestas áreas e a exclusão das restantes baseou-se na informação existente nos relatórios de sondagem das captações de água subterrânea. Na transposição da REN Bruta para a REN Líquida, a AEPR deverá deixar de ser

considerada nas zonas completamente urbanizadas, como por exemplo São Lourenço e Brejos de Azeitão, uma vez que aí a infiltração da água está, em grande medida, comprometida.

- A restante área concelhia inserida na área de atuação da APA, I.P. / ARH Tejo é constituída por formações Paleogénicas, Cretácicas e Jurássicas. Relativamente às duas primeiras, não são conhecidas potencialidades aquíferas, o que justifica a não delimitação de AEPRAs nestas áreas. As formações do Jurássico superior têm características semelhantes às do Cretácico, mas os Calcários da Formação de Pedreiras (J2p), de idade Jurássica (Batoniano superior a Caloviano), constituem um aquífero do tipo cársico, devido à rede de galerias e grutas aqui existente. Os afloramentos destes calcários ocorrem nos topos dos anticlinais de Formosinho, S. Luís e Viso. Na Serra do Formosinho propiciam o desenvolvimento de um conjunto assinalável de Grutas e Lapas, de entre as quais se destacam: Gruta do Médico, Gruta do Xico, Gruta do Formosinho, Gruta do Soprador do Monte Abrão, Gruta do Valongo, Lapa dos Morcegos e Lapa do Médico 2. Deste modo, foram delimitados como AEPRAs todos os afloramentos de Calcários da Formação de Pedreiras (J2p) com área superior a 2 hectares, com a exceção do afloramento do Viso, devido à elevada densidade de construção na quase totalidade da sua extensão, o que prejudica a infiltração da água. Com as opções tomadas assegura-se uma das funções das AEPRAs, designadamente, “assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas de águas subterrâneas, principalmente nos aquíferos cársicos, como por exemplo invertebrados que ocorrem em cavidades e grutas”. Informações adicionais sobre a localização e características das grutas e lapas acima referidas podem ser encontradas no site <http://www.sesimbra.com/grutas/inv.html>.

AEPRAs afeta à área de atuação da APA, I.P. / ARH Alentejo

- As baixas aluvionares associadas à ribeira do Vale dos Negros e do Barranco das Mós foram delimitadas como AEPRAs, tendo em conta o facto destas linhas de água terem sido caracterizadas, no âmbito do Plano de Gestão de Região Hidrográfica do Sado, como ecossistemas aquáticos dependentes das águas subterrâneas. A delimitação destas

áreas baseou-se no facto das mesmas poderem ser consideradas importantes para assegurar a sustentabilidade destes ecossistemas e da biodiversidade associada, com particular incidência na época de estio;

- Com base descrição litológica existente nas notícias explicativas destas cartas geológicas e nos relatórios de sondagem de captações de água subterrânea, foi considerada AEPRa praticamente toda a área aflorante da formação Pliocénica denominada de Areias feldspáticas de Fonte da Telha e de Coima (PTC), na área da Folha 38-B (Setúbal) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, e Complexo arenitoargiloso de Algeruz e de Monte de Pinheiro (P), na área da Folha 39-A (Águas de Moura) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. Na transposição da REN Bruta para a REN Líquida, a AEPRa deverá deixar de ser considerada nas áreas já urbanizadas, onde as possibilidades de infiltração da água são reduzidas.

- Foi delimitada AEPRa em algumas áreas da Formação de Marco Furado (PMF), uma vez que os relatórios de sondagem de captações aqui existentes não mostravam indícios de espessuras argilosas que possam condicionar a recarga das formações aquíferas;

- Apesar de não ter sido identificada como ecossistemas aquáticos dependentes das águas subterrâneas, foi delimitada AEPRa nas baixas aluvionares existentes nas ribeiras do Livramento, Cumeada, Alcub e Ajuda. A justificação desta delimitação baseia-se no facto de ser comum a existência de linhas de água dependentes de águas subterrâneas em zonas calcárias e principalmente carsificadas, como acontece nesta área;

- Não foi delimitada AEPRa na área de afloramento da formação Pliocénica denominada Formações vermelhas de Gamita e Vale do Grou (P'), uma vez que, quer na notícia explicativa existente para esta carta geológica quer em relatórios de sondagem são referidas várias camadas argilosas junto da superfície com espessuras da ordem das duas dezenas de metros;

- Não foi delimitada AEPRa nas aluviões do estuário do Sado e esteiros associados, assim como na ribeira da Marateca, uma vez que estas aluviões, à semelhança da situação existente no estuário do Tejo até ao Espadanal, são essencialmente constituídas por lodos, areias lodosas e argilas;

- Nas formações geológicas Paleogénicas e Cretácicas não foi delimitada AEPR, uma vez que não são conhecidas potencialidades aquíferas associadas às mesmas;
- As formações geológicas Miocénicas não foram delimitadas como AEPR, uma vez que não se encontra comprovada a sua ligação hidráulica com as formações Miocénicas de natureza idêntica existentes na vertente Norte dos relevos em estrutura monoclinal que bordejam a Serra da Arrábida (as quais foram delimitadas como AEPR).

A **Figura 46** representa a proposta de delimitação das Áreas Estratégicas de Proteção e Recarga de Aquíferos no concelho de Setúbal.

Cerca de 30% do território concelhio (**Quadro 24**) corresponde a áreas de proteção e recarga de aquíferos (6739,32 ha). Em termos absolutos, as freguesias que mais contribuem para o total do concelho são Azeitão (São Lourenço e São Simão) (2788,51 ha) e Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra (1682,67 ha). Em termos relativos, é também nestas duas freguesias que a AEPR assume maior importância, abrangendo cerca de 51% da freguesia de Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra e cerca de 40% da freguesia de Azeitão (São Lourenço e São Simão).

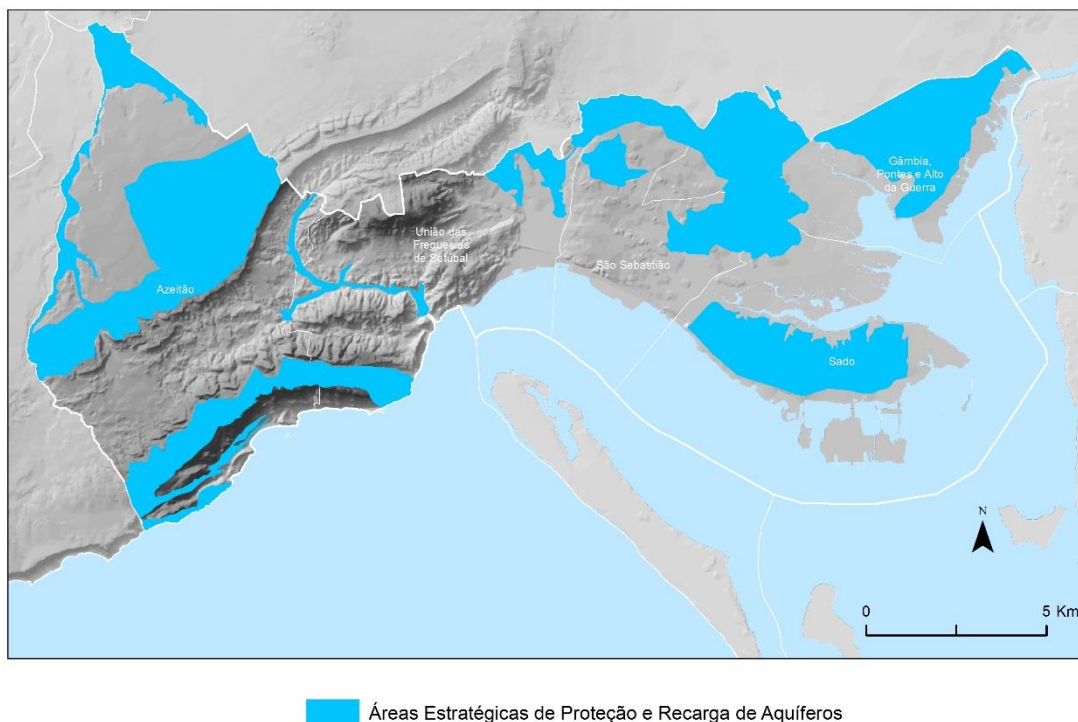


Figura 46 - Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos no âmbito da REN, no concelho de Setúbal.

Quadro 24 - Áreas estratégicas de protecção e recarga de aquíferos no âmbito da REN, por freguesia.

Freguesia	Área AEPR (ha)	%
Azeitão (São Lourenço e São Simão)	2788,51	40,2
Gâmbia-Pontes-Alto da Guerra	1682,67	51,0
S. Julião, N.S. da Anunciada e S. Maria da Graça	567,31	15,4
Sado	1107,49	16,9
Setúbal (São Sebastião)	593,34	23,0
Concelho	6739,32	29,3

3.3.2. Potencial de degradação e contaminação de aquíferos

Apesar do poder filtrante e das características auto-depuradoras dos sistemas aquíferos, as águas subterrâneas, uma vez contaminadas, podem gerar processos praticamente

irreversíveis, pelo que a sua descontaminação se torna muito difícil. O mapa da **Figura 46** mostra uma área estratégica de protecção e recarga coincidente, de uma forma geral, com o sistema aquífero Margem Esquerda (T3). Entre as potenciais ameaças de poluição à água subterrânea encontram-se: (i) a deposição de resíduos industriais sólidos e líquidos ou de produtos que podem ser dissolvidos e arrastados por águas de infiltração em terrenos permeáveis; (ii) a deposição de dejectos animais resultantes de actividades agro-pecuárias; (iii) a construção incorrecta de fossas sépticas; (iv) a utilização de herbicidas e fungicidas; e (v) a sobre-exploração dos aquíferos em zonas sensíveis. As situações mais sensíveis ocorrem nas freguesias de Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra, São Simão e Sado, em locais onde as áreas de protecção e recarga de aquíferos se sobrepõem a áreas servidas por fossas sépticas, a aterros sanitários/resíduos industriais, e a depósitos ilegais de materiais diversos, à superfície e em profundidade. Estas áreas deverão ser sujeitas a um processo de inventariação e monitorização, que traduza a situação real de cada foco potencial de contaminação, que deverá sustentar a selecção das medidas mitigadoras mais apropriadas a cada caso. O mesmo procedimento deverá ser também adoptado para as águas superficiais, pela sua proximidade a focos de contaminação potencial. A contaminação das águas superficiais pode ter várias origens, associada a tipos de substâncias poluentes tais como os nutrientes provenientes de fontes tóxicas e difusas, os metais pesados e outras substâncias perigosas, os micro poluentes orgânicos, a radioactividade, e a salinização (PNA, 2001).

4. Riscos tecnológicos

4.1. Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves

O estudo dos acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves baseia-se nos dados da sinistralidade para o período entre 2004 e 2010, disponibilizados pelo Observatório de Segurança Rodoviária, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

Entre 2004 e 2010 ocorreram no município de Setúbal 188 acidentes com vítimas dos quais resultaram 39 mortos e 170 feridos graves. O número anual de acidentes com vítimas variou entre 21 e 38, sendo que o valor mais elevado verificou-se em 2004 (**Figura 47**). A ocorrência de vítimas mortais foi máxima em 2004, 2008 e 2010 (sete vítimas) alternando entre três e seis nos restantes anos.

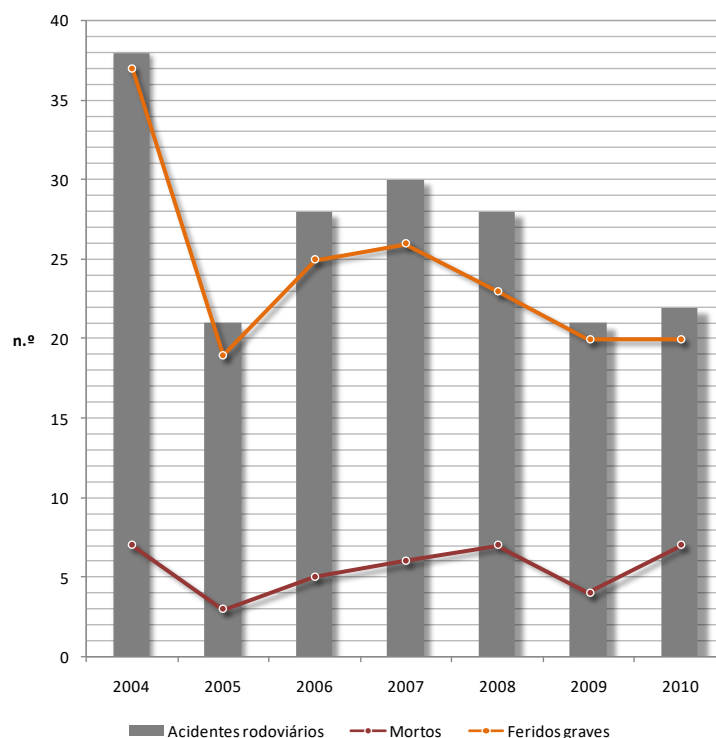


Figura 47 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por ano de ocorrência no município de Setúbal (2004 - 2010).

Como se observa na **Figura 48**, os acidentes com mortos ou feridos graves ocorreram mais frequentemente em Março, Junho e Agosto (de 2004 a 2010), com o máximo absoluto em Março (21 acidentes). O número máximo de feridos graves foi atingido no mês de Março (21 vítimas), e o de mortos no mês de Agosto (6 vítimas). O mês de Setembro é o que regista menos acidentes rodoviários (6 acidentes) assim como o menor número de mortos e feridos graves (0 mortos e 6 feridos graves).

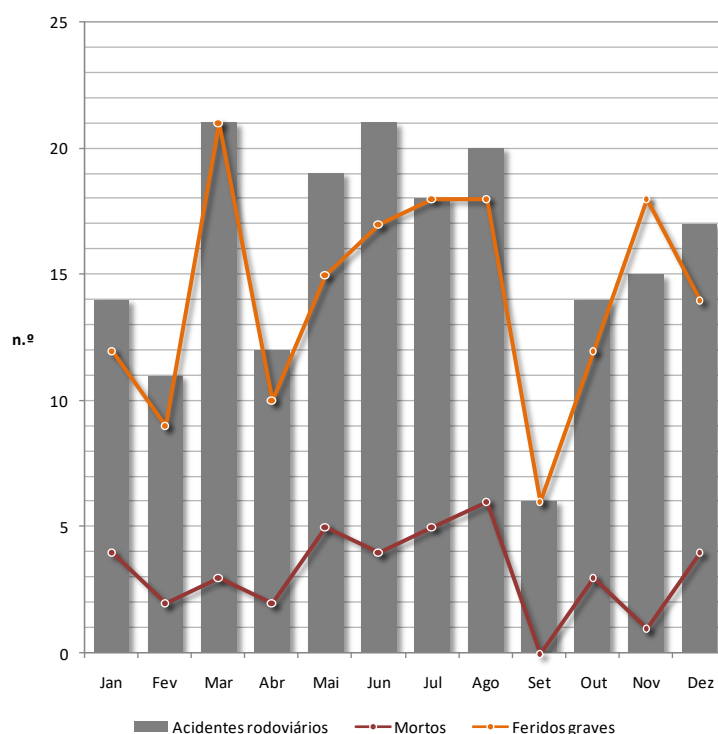


Figura 48 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por mês de ocorrência no município de Setúbal (2004 - 2010).

Quanto à natureza dos acidentes (**Figura 49**), o destaque vai para o "atropelamento de peões" com 51 ocorrências, seguido da "colisão frontal" (35 ocorrências) e da "colisão lateral com outro veículo em movimento" (32 ocorrências). Em termos absolutos, e considerando as suas frequências, são estas as 3 tipologias de acidente responsáveis por maior número de vítimas, mortais ou feridos graves.

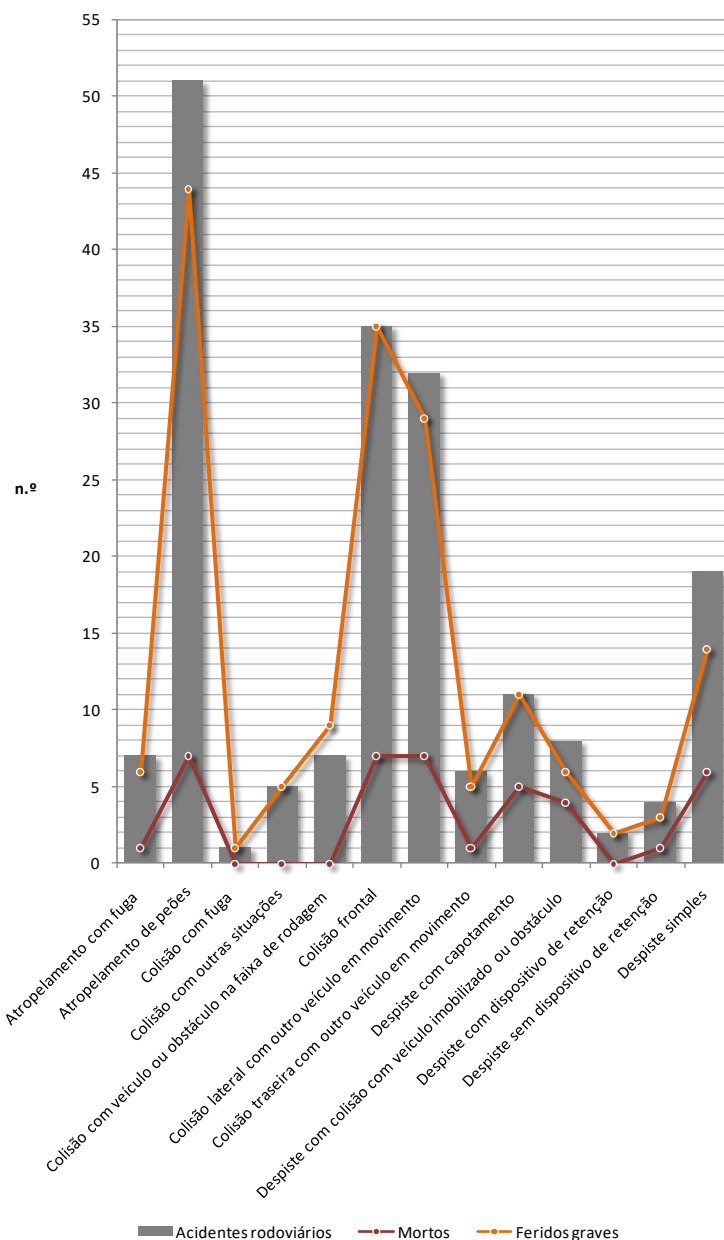


Figura 49 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por natureza do acidente no município de Setúbal (2004 - 2010).

A maior parte dos acidentes rodoviários que provocaram mortos ou feridos graves no município de Setúbal ocorreu na EN-10. A **Figura 50** representa a distribuição espacial deste tipo de acidentes no período entre 2004 e 2010 e permite constatar que, de um modo geral, existe uma concordância espacial entre as áreas urbanas e as ocorrências.

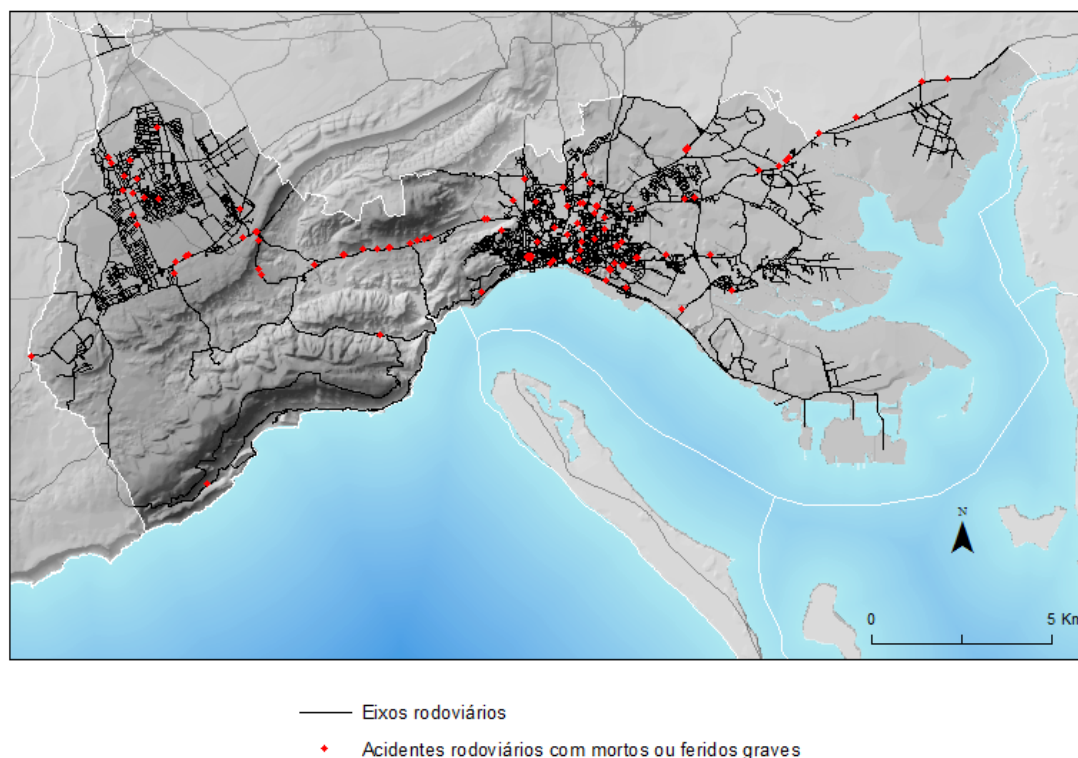


Figura 50 - Rede viária e distribuição dos acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves (2004 - 2010).

Quanto à distribuição por freguesia dos acidentes rodoviários que provocaram mortos ou feridos graves no município de Setúbal (**Figuras 51 e 52**), destaca-se a freguesia de São Sebastião com 38% das ocorrências devidamente localizadas na base de dados. Foi aqui que se registou o maior número de ocorrências entre os anos de 2004 e 2010. Seguem-se as freguesias de São Julião e de Nossa Senhora da Anunciada, ambas com 13 % das ocorrências devidamente localizadas na base de dados. Também aqui se verifica uma concordância espacial entre as freguesias mais urbanas e o maior volume de ocorrências.

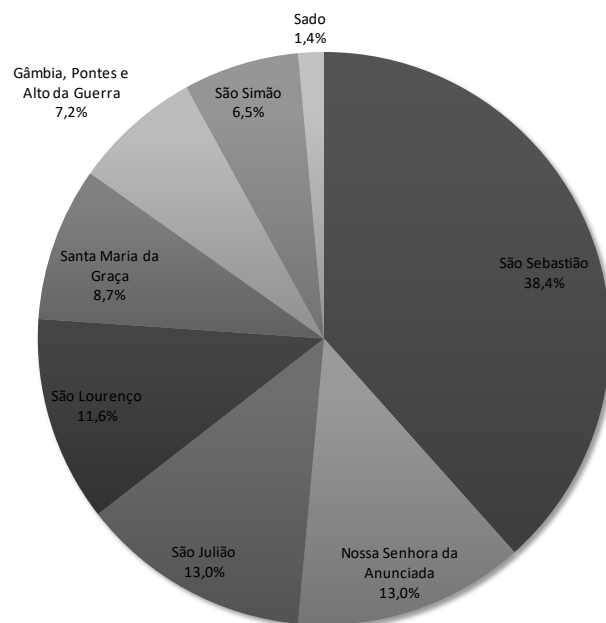
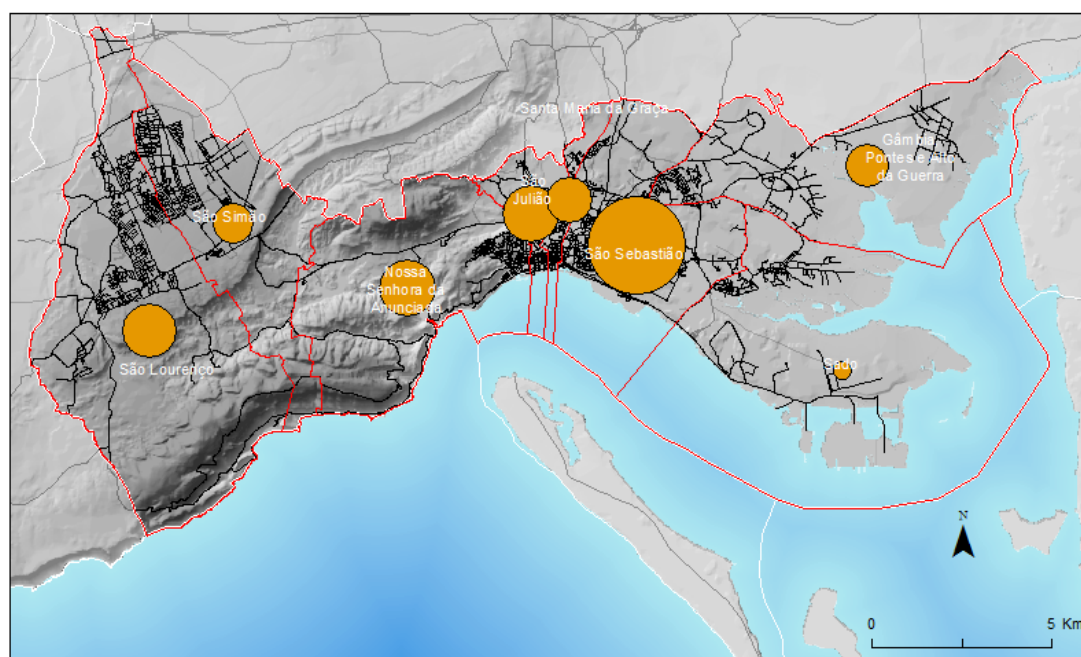


Figura 51 - Percentagem de acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por freguesia do município de Setúbal (2004 - 2010).



Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves (n.º)

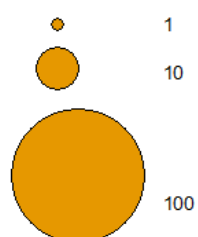


Figura 52 - Acidentes rodoviários com mortos ou feridos graves por freguesia do município de Setúbal (2004 - 2010).

4.2. Incêndios em edifícios

Os incêndios em edifícios normalmente são analisados à escala do edificado, contudo é necessário identificar e compreender os factores espaciais que condicionam o seu desencadeamento. A degradação do edificado e a evolução dos espaços urbanos aumentam os factores de risco das construções, não só pelas condições das habitações, mas também pelas condições sociais e demográficas da população que neles habita.

No tratamento dos incêndios em edifícios foram recolhidos os registos de ocorrências de Incêndios urbanos (2006-2011) a partir das bases de dados da Autoridade Nacional de Protecção Civil. Estas ocorrências foram georreferenciadas (**Figura 53**) e contabilizou-se o número de incêndios em edifícios por freguesia. Note-se que os dados do ano de 2011 só abrangem os meses de Janeiro a Maio.

No concelho de Setúbal foram registados 803 incêndios em edifícios entre 2006 e 2011. A freguesia de São Sebastião tem o maior número de registos de incêndios em edifícios (358 ocorrências) para o intervalo temporal considerado, seguindo-se a freguesia de Nossa Senhora da Anunciada com 117 registos, o que corresponde a 47,4 % e a 15,5% do total dos registos, respectivamente (**Figura 54**).

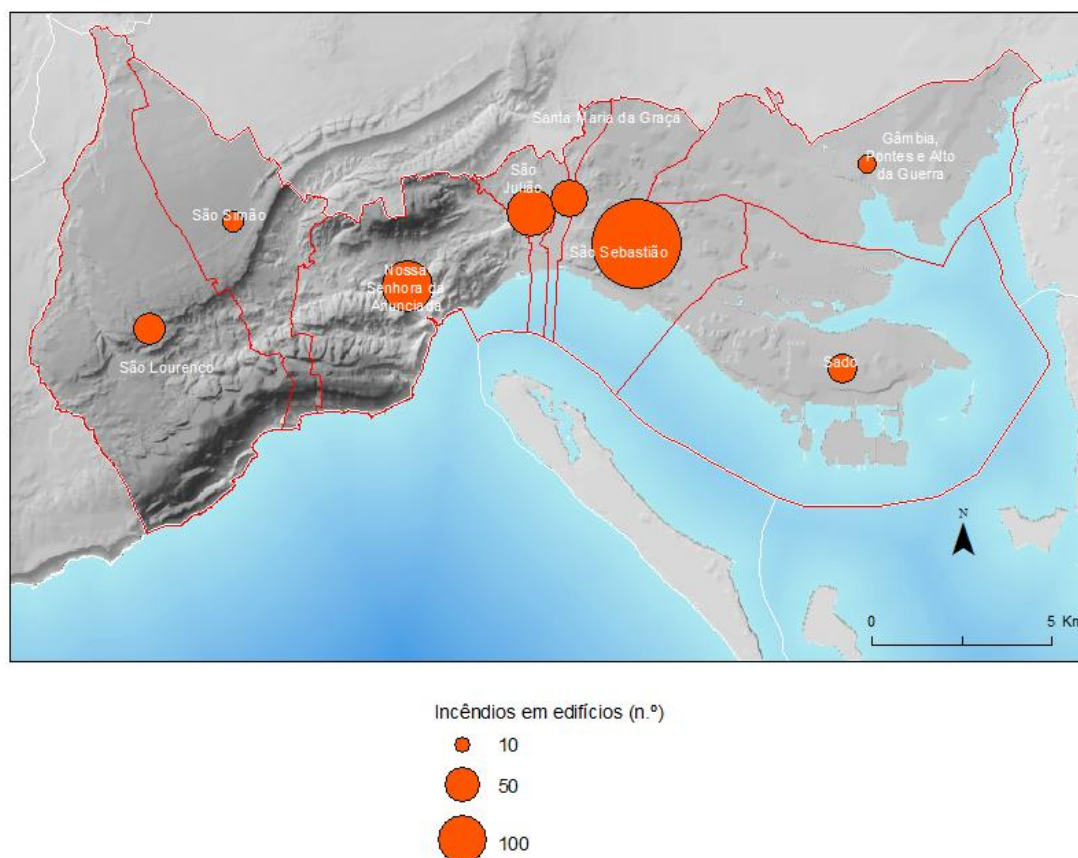


Figura 53 - Incêndios em edifícios no município de Setúbal (2006 - 2011).

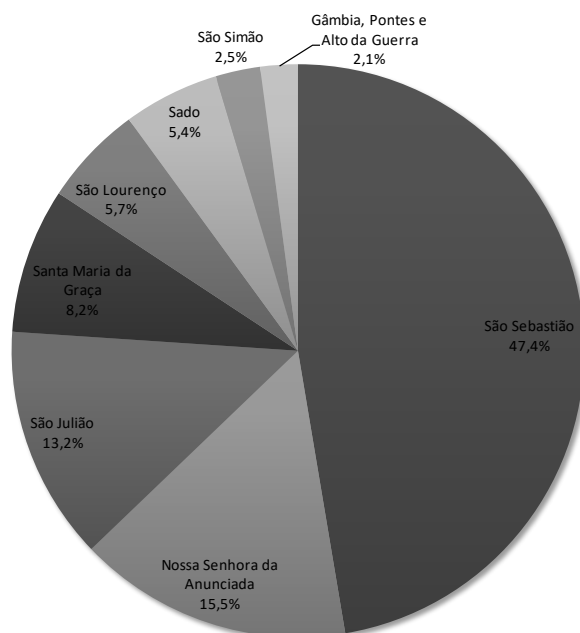


Figura 54 - Percentagem de incêndios em edifícios por freguesia do município de Setúbal (2006 - 2011).

O ano com maior percentagem de incêndios em edifícios ocorridos no período 2006 - 2011 (**Figura 55**) foi 2006 com 21,2% do total de registos, seguindo-se o ano de 2007 (20,4% das ocorrências). Deve referir-se que os dados do ano de 2011 só abrangem os meses de Janeiro a Maio.

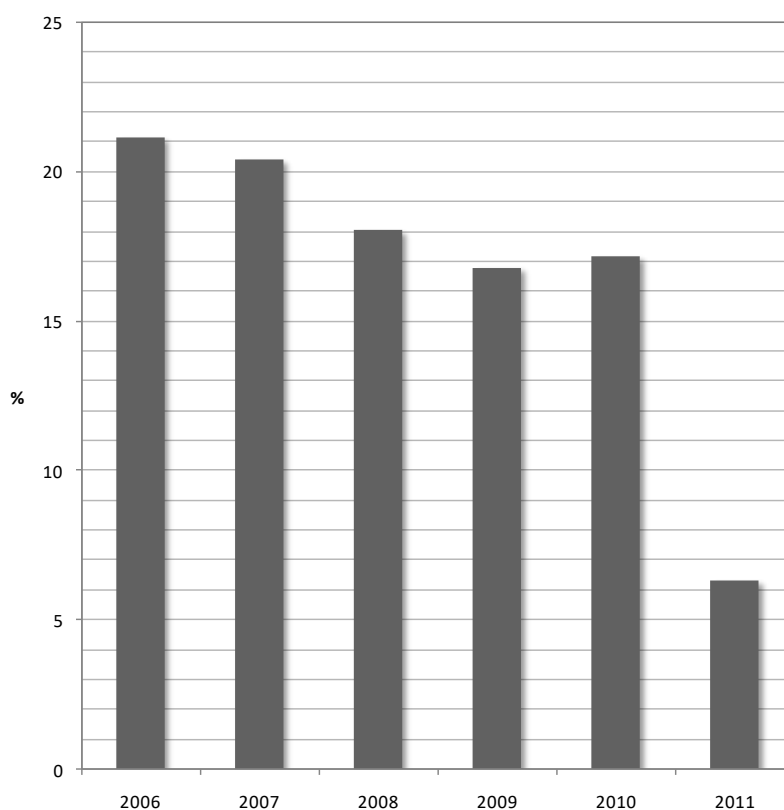


Figura 55 - Percentagem de incêndios em edifícios por ano de ocorrência no município de Setúbal (2006 - 2011).

O mês com maior percentagem de incêndios em edifícios ocorridos no período 2006 - 2011 (**Figura 56**) é Janeiro com 10,3% do total de registos, seguindo-se Dezembro com 9,8%. O mês com menor percentagem de incêndios em edifícios (2006 - 2011) é o de Junho (5,9%). Sublinha-se que os dados do ano de 2011 só abrangem os meses de Janeiro a Maio.

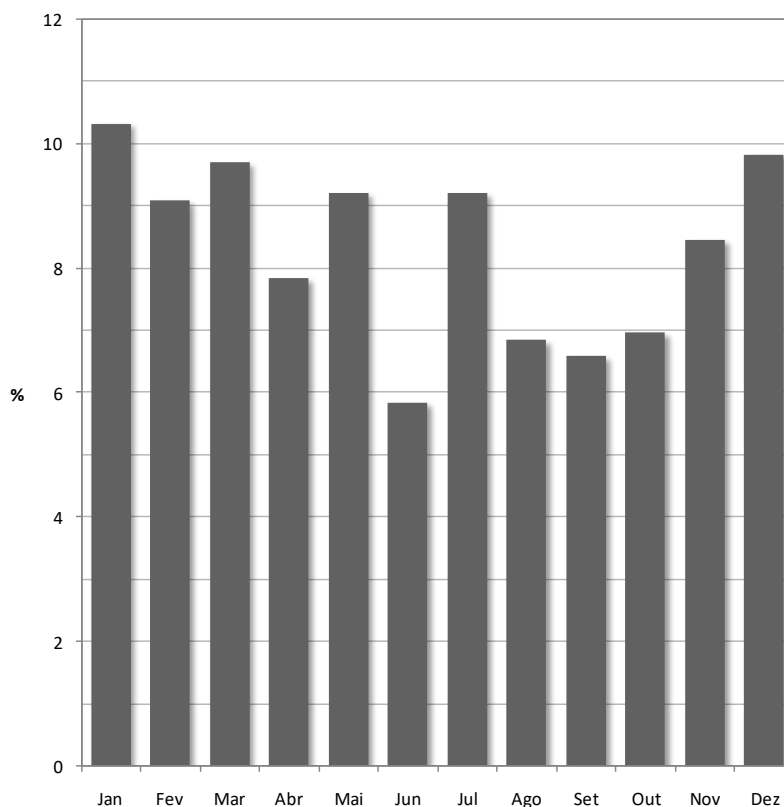


Figura 56 - Percentagem de incêndios em edifícios por mês de ocorrência no município de Setúbal (2006 - 2011)

4.3. Potencial de acidentes industriais

De acordo com o Decreto-Lei 254/2007, de 12 de Julho, considera-se “Acidente grave envolvendo substâncias perigosas” um acontecimento, designadamente uma emissão, um incêndio ou uma explosão de graves proporções, resultante do desenvolvimento não controlado de processos durante o funcionamento de um estabelecimento industrial, que provoque um perigo grave, imediato ou retardado, para a saúde humana, no interior ou no exterior do estabelecimento, ou para o ambiente, que envolva uma ou mais substâncias perigosas. De acordo com o referido Decreto-Lei, estes estabelecimentos industriais estão obrigados ao dever de notificação e à apresentação de um Relatório de Segurança.

De acordo com informação publicada pela Agência Portuguesa do Ambiente datada de Setembro de 2019 (**Quadro 25**), o concelho de Setúbal possui 5 estabelecimentos de nível superior de perigosidade, e 2 de nível inferior.

Quadro 25 - Estabelecimentos do município de Setúbal com presença de substâncias perigosas (Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de Agosto) (Fonte: APA, 2019).

Estabelecimentos de nível superior de perigosidade

SAPEC Química, S.A.

Complexo Industrial de Setúbal da Navigator

Adubos Deiba - Comercialização de Adubos, Lda.

ASCENZA AGRO, S.A.

TANQUISADO-Terminais Marítimos, S.A.

Estabelecimentos de nível inferior de perigosidade

Secil-Companhia Geral de Cal e Cimento, S.A., Outão

Sopac- Sociedade Produtora de Adubos Compostos, S.A.

A maioria dos estabelecimentos com presença de substâncias perigosas do concelho de Setúbal situa-se na Península da Mitrena (extremo SE do concelho), com excepção da Secil (**Figura 57**).

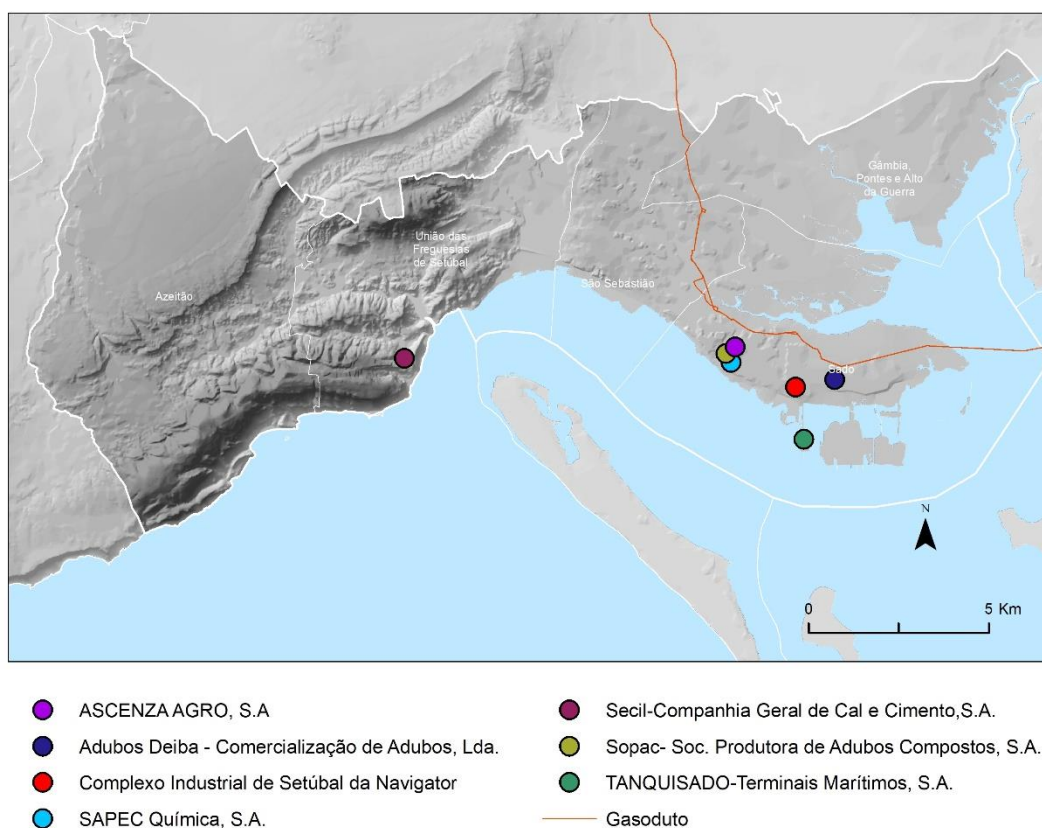


Figura 57 - Gasoduto e estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas.

Em 2011 a Autoridade Nacional de Protecção Civil e o Serviço Municipal de Protecção Civil e Bombeiros de Setúbal editaram a "Carta de Risco da Península da Mitrena", com o intuito de avaliar e cartografar, de um modo integrado, os riscos tecnológicos desta área, tendo em vista a prossecução de uma estratégia de prevenção e mitigação de riscos. Destarte, pretende-se aumentar a eficácia de resposta a emergências graves e reforçar as medidas de prevenção e preparação para este tipo de eventos.

Constituem objectivos da Carta de Risco da Península da Mitrena:

- Identificar e caracterizar os riscos para colaboradores, população e bens originados pela actividade industrial instalada nesta península, nomeadamente os riscos associados aos estabelecimentos industriais, ao transporte de

mercadorias perigosas e infra-estruturas fixas de transporte de substâncias perigosas;

- Dotar as entidades responsáveis pelo planeamento de emergência de elementos que permitam o desenvolvimento dos planos de resposta necessários e adequados aos riscos tecnológicos e disponibilizar aos responsáveis pelo planeamento e ordenamento do território um instrumento que permita uma adequada estratégia de mitigação de riscos;
- Apoiar uma política eficaz e objectiva de informação e comunicação às populações.

A carta de risco tem como área de estudo a Península da Mitrena num território delimitado a Nascente pelo canal de Águas de Moura, a Sul pelo estuário do Rio Sado, a Poente pela Estrada Nacional N.º 10-8 e a Norte pela Rua Principal das Praias do Sado. Pertence à freguesia do Sado e localiza-se a cerca de 4 km do centro urbano da cidade de Setúbal. O acesso à área de estudo faz-se pela Estrada Nacional 10-4, que se desenvolve ao longo do extremo sul da Península, paralelamente ao Estuário do Sado. É uma área densamente industrializada, com diversos estabelecimentos de significativa importância regional e nacional para a economia, alguns deles classificados no âmbito da Directiva Seveso II.

Tendo em consideração as características e quantidades de produtos perigosos presentes nas instalações, foram modelados cenários de incêndio (*fireball*, *jetfire*, *poolfire*), explosão (*boiling liquid expanding vapor explosion*, *vapor cloud explosion*), e de dispersão de tóxicos, porém sem equacionar a probabilidade de ocorrência de *domino effect*. Para os vários cenários foram estimadas as consequências para as instalações fabris, para os seus trabalhadores, para a população residente e para as infraestruturas vizinhas (rodovias, ferrovias, e rede de distribuição de electricidade).

As **Figuras 58 e 59** representam, respectivamente, os níveis de risco Elevado, Moderado e Reduzido apurados para a Península da Mitrena, assim como as estruturas potencialmente afectadas por esses níveis de risco. A interpretação destas figuras deverá ser sempre apoiada pela leitura do documento "Carta de Risco da Península da Mitrena" da Autoridade Nacional de Protecção Civil e do Serviço Municipal de Protecção

Civil e Bombeiros de Setúbal, uma vez que nele constam as metodologias e os critérios adoptados na sua elaboração.

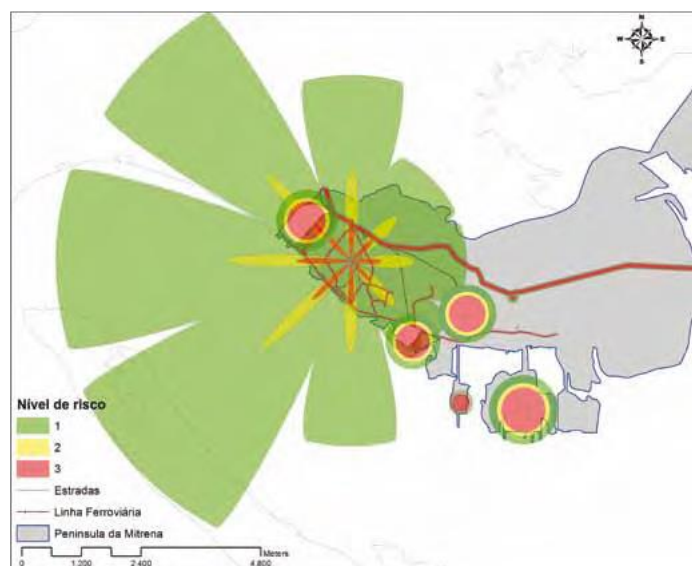


Figura 58 - Carta de risco da Península da Mitrena (ANPC, 2011).

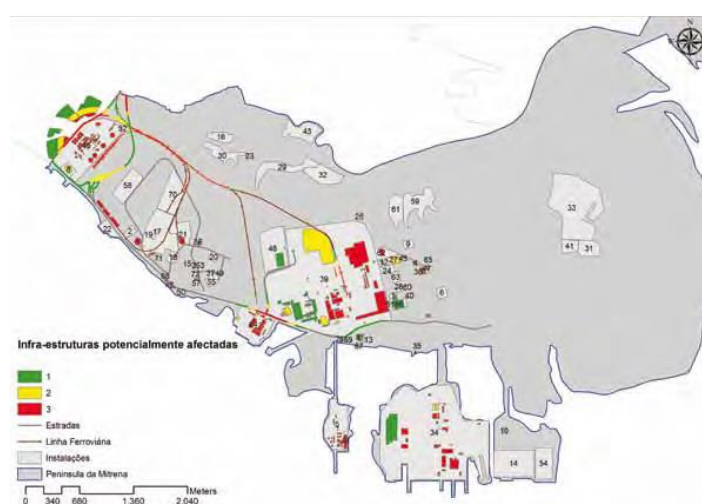


Figura 59 - Carta de estruturas potencialmente afectadas por níveis de risco elevado, moderado e reduzido (ANPC, 2011).

4.4. Potencial de acidente no transporte de substâncias perigosas

O concelho de Setúbal é atravessado por um gasoduto em alta pressão (**Figura 57**), ao longo do qual se processa o transporte de gás natural em estado gasoso. O gasoduto é operado pela Transgás, a partir das instalações de Bucelas onde se situa o centro de despacho. Os possíveis acidentes no gasoduto estão associados a fugas de gás (decorrentes de perfuração em escavações; interferências de dragagens, arrastamentos de terrenos e/ou amarrações; corrosão; acidentes rodoviários ou ferroviários; movimentos de massa; sismo, etc.) e os riscos que lhes estão associados incluem: (i) asfixia provocada pelo gás na ausência de ignição (o metano é considerado um asfixiante simples); (ii) incêndio originado pela ignição do gás e sua regressão ao ponto de fuga; (iii) elevados níveis de radiação térmica associados a uma chama ancorada no orifício da fuga; e (iv) sobrepressão resultante da explosão, se esta ocorrer.

A ocorrência de acidentes no transporte rodoviário de mercadorias perigosas é susceptível de provocar efeitos negativos para a população e para o Ambiente, devido ao derrame, emissão, incêndio ou explosão de substâncias ou preparações, caracterizadas por elevada inflamabilidade, ecotoxicidade, corrosividade ou radioactividade.

De acordo com as estatísticas publicadas pelo INE, o trânsito rodoviário de mercadorias perigosas em Portugal constitui cerca de 10 % da totalidade de mercadorias transportadas. Pese embora este valor, não existe informação consistente acerca das vias utilizadas preferencialmente pelos veículos envolvidos, bem como dados sobre as densidades de tráfego ou horários preferenciais de circulação, o que torna impossível a avaliação da expressão territorial dos riscos associados. O transporte de mercadorias perigosas abrange uma diversa gama de grupos de matérias, com predominância para os combustíveis líquidos (gasolinas, gasóleo e fuelóleo) e gasosos (propano e butano), os quais contribuem com cerca de 70 % da totalidade do transporte de substâncias perigosas (www.prociv.pt, acedido em 12-03-2012).

O Regulamento Nacional de Transporte de Mercadorias Perigosas por Estrada (Decreto-Lei n.º 170-A/2007, de 4 de Maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 63-A/2008, de 63-

A/2008, de 3 de Abril) estabelece as regras de base para o transporte de substâncias perigosas, e a Portaria nº 331-B/98, de 1 de Junho, alterada pelas Portarias n.º 578-A/99, de 28 de Julho, e nº 131/2006, de 16 de Fevereiro, determina a interdição da circulação de veículos que transportam mercadorias perigosas entre as 18 e as 21 horas de sextas-feiras, de domingos, de feriados nacionais e de vésperas de feriados nacionais em determinadas vias (nenhum troço de via do município de Setúbal é abrangido). Adicionalmente, é proibida a circulação dos referidos veículos às segundas feiras, entre as 7 e as 10 horas, salvo nos meses de Julho e Agosto, determinadas vias de acesso a Lisboa e Porto (mais uma vez, nenhum troço de via do município de Setúbal é abrangido).

Por outro lado, as Câmaras Municipais podem estabelecer restrições especiais à circulação de veículos de transporte de mercadorias perigosas, com carácter temporário ou permanente, nas vias sob a sua jurisdição, devendo para tal proceder a uma sinalização adequada e comunicar o facto, previamente, à Direcção-Geral de Viação.

Sempre que ocorra um acidente que afecte ou crie perigo para as pessoas, os bens ou o ambiente, devem ser realizados relatórios de acidente. Para efeitos de elaboração destes relatórios, consideram-se acidentes os acontecimentos ocorridos com veículos em trânsito, estacionados ou nas operações de carga ou descarga, acondicionamento ou estiva, em que se registre perda de vidas humanas ou em que se verifique explosão, incêndio, perda de contenção das matérias relativamente aos reservatórios ou necessidade de trasfega das matérias para outros reservatórios (www.prociv.pt, acedido em 12-03-2012).

5. Zonamento Multi-perigo

5.1. Metodologia

O zonamento multi-perigo do concelho de Setúbal (**Figura 60**) integra os processos naturais, mistos e tecnológicos que apresentam um potencial mais elevado para gerar perdas e danos nas pessoas, bens e actividades: sismos, tsunamis, cheias e inundações, erosão litoral, movimentos de massa em vertentes, incêndios florestais, poluição do solo e acidentes tecnológicos.

Para preservar a legibilidade do mapa optou-se por representar apenas as áreas classificadas como mais perigosas em cada um dos temas considerados, com a excepção do perigo sísmico que está classificado na totalidade do território (emerso) do concelho.

Temas como as condições meteorológicas adversas, degradação e contaminação de aquíferos, acidentes rodoviários e incêndios em edifícios não foram representados no mapa multi – perigo por razões de legibilidade.

5.2. Caracterização territorial

5.2.1. Susceptibilidade sísmica

Atendendo ao enquadramento do concelho de Setúbal, face à localização das principais fontes sismogénicas capazes de gerar sismos de elevada magnitude, considera-se que a susceptibilidade sísmica do território concelhio é tipicamente elevada. Incorporando os efeitos locais no incremento da intensidade sísmica, verifica-se que as áreas de susceptibilidade Muito elevada correspondem aos terrenos aluviais da área do Sado, aos fundos de vale aluviais dos principais cursos de água (e.g. Ribeira do Livramento, ribeira da Comenda) e área de afloramentos brandos do Pliocénico em Azeitão. O carácter não

consolidado das aluviões e aterros junto ao rio Sado e o elevado conteúdo em água que os caracteriza são responsáveis pelo incremento da amplitude das ondas sísmicas e, eventualmente, pela ocorrência de fenómenos de liquefacção.

5.2.2. Susceptibilidade de inundação por tsunami

Na eventual ocorrência de um tsunami severo no concelho de Setúbal, a zona baixa da cidade, bem como a zona portuária e os cais da península da Mitrena, são bastante afectados. Pela maior proximidade    linha de costa e exposição    direcção dominante das ondas de tsunami, o impacto será maior na Praia da Comenda e na Praia de Albarquel, na zona do Parque de Campismo e na Doca dos Pescadores, bem como em todas as zonas que envolvem a Doca de Recreio e a Doca do Comércio.

5.2.3. Cheias e inundações

As áreas ameaçadas por cheias ocupam 71,78 km² no que respeita à inundação estuarina, a que se acrescentam 5,07 km² correspondentes a zonas ameaçadas por cheias rápidas associadas a outros cursos de água, que não o rio Sado. A unidade hidrográfica “Livramento/Figueira” destaca-se pela área que ocupa e pela quantidade de infraestruturas e pessoas que afecta. Na parte NW do concelho merece realce a unidade hidrográfica “Vala Real”, sujeita a inundação, bem como os seus principais afluentes da margem direita, que drenam áreas sujeitas a grande pressão urbanística. A unidade hidrográfica “Cotovia” situa-se na parte oriental do concelho, onde ocorrem cheias e inundações no Barranco da Cotovia, Barranco do Alto da Guerra, Barranco de Canes, Ribeira de Vale do Judeu, Ribeira das Manteigadas e Barranco das Curvas. Por último, observam-se cheias na unidade hidrográfica “Comenda”, que não têm um histórico problemático uma vez que não existem aglomerados urbanos no leito de cheia.

5.2.4. Movimentos de massa em vertentes

As áreas de susceptibilidade elevada e muito elevada à ocorrência de movimentos de massa em vertentes correspondem a 8,4% da superfície do concelho de Setúbal, abrangendo o total de 1941,5 ha. As vertentes perigosas localizam-se na área da serra da Arrábida, nomeadamente nas vertentes norte da Serra do Formosinho e Serra de S. Luís, assim como na vertente exposta a norte da Serra de S. Francisco. A zona de litoral rochoso que se inicia junto ao Forte de S. Filipe e se prolonga até à fronteira com o município de Sesimbra integra as áreas de instabilidade de vertente na sua quase totalidade.

5.2.5. Erosão litoral

Para além das ocorrências de instabilidade ao longo das arribas rochosas, a zona costeira de Setúbal está sujeita a galgamentos oceânicos no troço compreendido entre Albarquel e o Portinho da Arrábida, numa área de cerca de 0,242 km².

5.2.6. Incêndios florestais

As classes de perigosidade *Alta* e *Muito alta* de incêndio florestal perfazem um total de 13,5% da área do concelho e concentram-se quase exclusivamente a Oeste de Setúbal. Destacam-se, enquanto áreas mais perigosas, as Serras do Formosinho e de S. Luís e algumas zonas da mancha florestal situada a norte da Serra do Formosinho, dentro da Parque Natural da Arrábida.

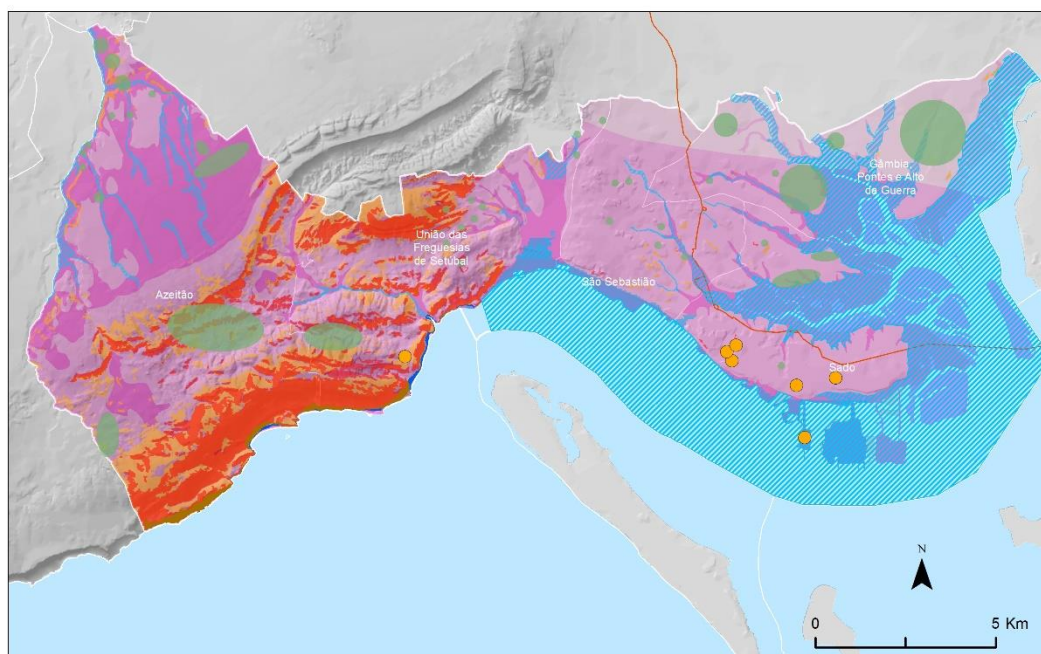
5.2.7. Poluição do solo

Os solos do concelho de Setúbal estão ameaçados por focos poluidores potenciais variados, dos quais se destacam: (i) depósitos ilegais de materiais diversos à superfície e em profundidade, nomeadamente na zona de Azeitão, próximo do limite norte do concelho; (ii) aterros sanitários/resíduos industriais e áreas de antigos depósitos de

escórias de alumínio na parte oriental do concelho; e (iii) sucatas, principalmente junto da cidade de Setúbal.

5.2.8. Acidentes tecnológicos

O concelho de Setúbal possui 7 estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas (“indústrias Seveso”). A maior parte dos estabelecimentos com presença de substâncias perigosas situa-se na Península da Mitrena (extremo SE do concelho), com excepção da Secil. Adicionalmente, o concelho de Setúbal é atravessado a oriente por um gasoduto em alta pressão, ao longo do qual se processa o transporte de gás natural em estado gasoso.



Susceptibilidade sísmica

Muito elevada

Elevada

Moderada - Elevada

Tsunami - Limite de inundação máxima (P1- Intensidade Maior, Maré Alta, Máximo)

Zonas ameaçadas pelo mar

Arribas

Zonas ameaçadas pelas cheias

Área de instabilidade de vertentes

Incêndios florestais: perigosidade alta e muito alta

Focos potencialmente contaminadores do solo

Estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves envolvendo substâncias perigosas

Gasoduto

Figura 60 - Carta Multi-perigo do Concelho de Setúbal.

6. Equipamentos, infra-estruturas e sistemas que asseguram a segurança e proteção civil

A segurança e proteção civil no Município de Setúbal são assegurados, em primeira instância, pelo Serviço Municipal de Proteção Civil e Bombeiros. A coordenação das ações de socorro é garantida pelo(a) presidente da Câmara Municipal que, nos termos da lei e enquanto Autoridade Municipal da Proteção Civil, dirige a atividade de Proteção Civil.

A coordenação encontra-se estipulada no regulamento do Serviço Municipal de Proteção Civil e Bombeiros (SMPCB), incumbindo a este serviço, genericamente, a coordenação de ações de socorro e assistência em situações de acidente grave, catástrofe ou calamidade pública.

Merece igualmente realce o papel da Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal (CBSS), criada em 1982. A CBSS tem como objectivo garantir a proteção de pessoas, de bens e do ambiente na área do Município de Setúbal, prevenindo as situações que os ponham em risco ou limitando as suas consequências pela minimização de danos pessoais.

Os Instrumentos da Proteção Civil Municipal contemplam:

- Comissão Municipal de Proteção Civil
- Comissão Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
- Plano Municipal de Emergência
- Declaração do Estado de Alerta
- Plano Intermunicipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
- Plano Operacional Municipal
- Plano de Emergência Externo da Península da Mitrena
- Carta de Risco da Mitrena

- Plano de Intervenção para o Centro Histórico de Setúbal
- Regulamentos Municipais
- Sistema de Alerta de Tsunami
- Plano de Evacuação de Setúbal

O Sistema de Alerta de Tsunami de Setúbal foi desenvolvido pelo Centro Comum de Investigação da Comunidade Europeia, em colaboração com a Câmara Municipal de Setúbal, a Proteção Civil, a Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra e a empresa Hidromod. O dispositivo de alerta de tsunami é ativado por um programa de computador que calcula rapidamente a altura de onda estimada e o tempo de viagem até à costa, baseando-se na análise de parâmetros sísmicos, tais como o epicentro e a magnitude. O sistema é composto por um painel equipado com recetores de dados, um monitor com informações dinâmicas que podem ser alteradas remotamente, uma sirene e um altifalante.

O Plano de Evacuação de Setúbal foi realizado em 2012, no âmbito do módulo de suporte a emergências (Emergency Support Mode), integrado no projecto SAFER. O plano contempla a evacuação da população da cidade de Setúbal e da Península de Mitrena, em contexto de dois tipos de risco: risco tecnológico (acidente industrial) e risco natural (tsunami).

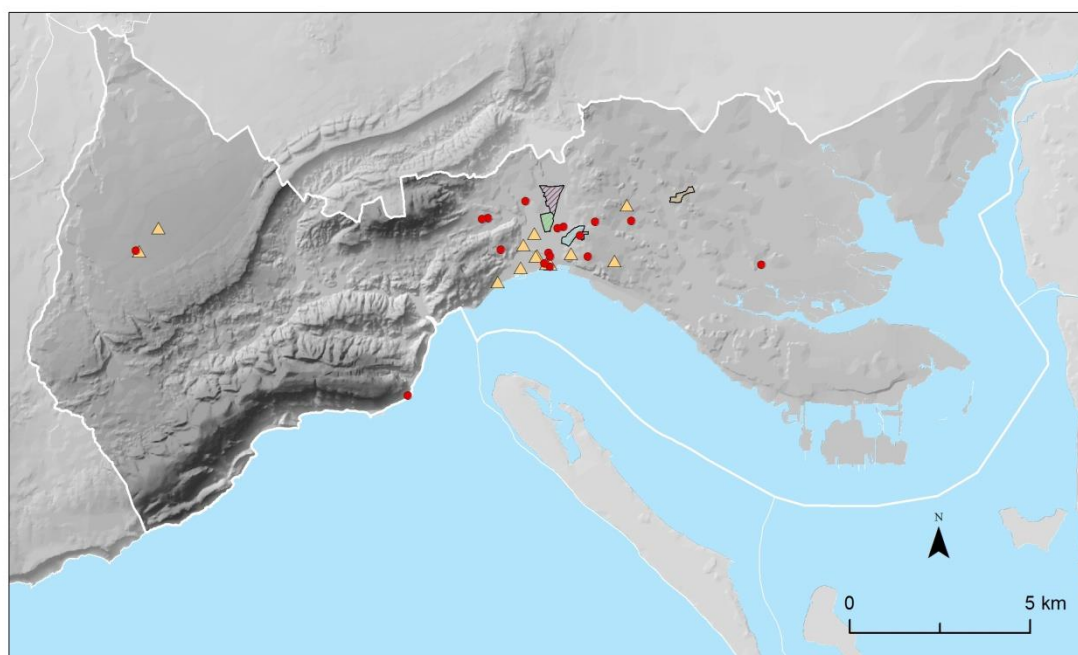
No âmbito do Plano de Evacuação de Setúbal foram definidas 4 zonas de evacuação, assinaladas na **Figura 66**.

A Zona de Evacuação 1 está localizada no limite Norte da cidade de Setúbal, correspondendo à Escola Preparatória de Bocage e aos campos desportivos localizados na envolvente.

A Zona de Evacuação 2 está localizada imediatamente a Sul da Zona de Evacuação 1 e inclui o Estádio do Bonfim, a Escola Secundária do Bocage e um centro desportivo com vários campos de ténis.

A zona de evacuação 3 inclui o Hospital de São Bernardo, a Praça de Touros, duas escolas e um campo de futebol.

A Zona de Evacuação 4 é a que está mais próxima da Península de Mitrena, e inclui a Escola Básica do Alto da Guerra e um campo desportivo.



Equipamentos de saúde e de agentes de protecção civil

- ▲ Equipamento de agentes de protecção civil
- Equipamento de saúde

Zonas de evacuação (SAFER 2012)

- Zona 01
- Zona 02
- Zona 03
- Zona 04

Figura 61 - Carta de Equipamentos de Saúde e de Agentes de Protecção Civil e Zonas de Evacuação no Concelho de Setúbal.

O **Quadro 30** sistematiza os equipamentos de protecção civil, de segurança e de saúde que asseguram a segurança e a protecção civil no município de Setúbal. A **Figura 66™** representa a localização espacial destes equipamentos, sendo que os equipamentos de

segurança e dos bombeiros, bem como o heliporto, foram agrupados sob a designação de equipamentos de agentes de protecção civil.

Quadro 26 - Equipamentos do município de Setúbal que asseguram a segurança e a protecção civil.

Tipo de equipamento	Designação
Protecção Civil	Quartel da Companhia de Bombeiros Sapadores de Setúbal
Protecção Civil	Quartel A.H. Bombeiros Voluntários de Setúbal
Protecção Civil	Destacamento de Bombeiros de Azeitão: A.H.B.V.S.
Protecção Civil	Heliporto Centro Histórico de Setúbal (Algodeia)
Segurança	Polícia de Segurança Pública - Comando Distrital 1.ª Esquadra
Segurança	Polícia de Segurança Pública - Divisão Policial
Segurança	G.N.R. - Subdestacamento de Controle Costeiro de Setúbal
Segurança	Polícia Marítima (Capitania do Porto de Setúbal)
Segurança	G.N.R. - Posto Territorial de Setúbal
Segurança	Polícia de Segurança Pública - Esquadra de Trânsito
Segurança	G.N.R. - Posto Territorial de Vila Nogueira de Azeitão
Segurança	Polícia de Segurança Pública - 2.ª Esquadra (Bela Vista)
Saúde	Centro Hospitalar de Setúbal (Hospital de S. Bernardo)
Saúde	Hospital de Sant'Tiago (HOSPOR)
Saúde	Hospital de S. Bernardo - Departamento de Psiquiatria
Saúde	Hospital Ortopédico do Outão
Saúde	Frenesius Medical Care - Clínica de Hemodiálise
Saúde	Cruz Vermelha Portuguesa
Saúde	Associação de Socorros Mútuos Setubalense
Saúde	Cruz Vermelha Portuguesa - Delegação de Setúbal
Saúde	Equipa de Tratamento de Setúbal do CRI da Península de Setúbal / IDT
Saúde	Centro de Saúde de São Sebastião
Saúde	Extensão de Saúde do Viso
Saúde	Extensão de Saúde do Sado
Saúde	Extensão de Saúde do Bonfim - Praça da República
Saúde	Extensão de Saúde - Santa Maria
Saúde	Centro de Saúde do Bonfim
Saúde	Extensão de Saúde - Bairro Santos Nicolau
Saúde	Extensão de Saúde de Azeitão

7. Propostas de integração dos riscos no modelo territorial: medidas de gestão e de carácter regulamentar

Neste ponto sistematiza-se um conjunto de propostas de medidas de gestão e de carácter regulamentar, que deverão integrar o regulamento do Plano Director Municipal. Por uma questão de facilidade de sistematização, as medidas são apresentadas separadamente para cada tipo de perigo considerado.

SISMOS

1. Nas zonas de perigosidade sísmica muito elevada e elevada, o desenho da nova malha urbana deve garantir distâncias de segurança adequadas entre os edifícios que proporcionem a circulação de viaturas de socorro em caso de sismo.
2. Garantir o completo respeito pelas normas de construção anti-sísmica nas novas áreas urbanas a edificar em zonas de susceptibilidade sísmica elevada e muito elevada.
3. Promover a implementação de medidas de reforço estrutural anti-sísmico nos processos de reabilitação urbana nos edifícios associados a funções estratégicas, vitais e sensíveis (e.g. rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros e instalações de outros agentes de protecção civil).

TSUNAMI

1. Interditar, na área de inundação máxima por *tsunami* (Intensidade maior, Maré Alta, Máximo), a instalação de novos equipamentos hospitalares e de saúde, escolares, de reclusão e de gestão de emergência e de socorro, bem como de novos estabelecimentos industriais perigosos que estejam obrigados por lei ao dever de notificação e à apresentação de um Relatório de Segurança, excepto quando se demonstre, através de estudo específico, a inexistência de soluções alternativas.

CHEIAS

1. Interditar, nas áreas inundáveis por cheias rápidas e progressivas, a instalação de novos equipamentos hospitalares e de saúde, escolares, de reclusão e de gestão de emergência e de socorro, bem como de novos estabelecimentos industriais perigosos que estejam obrigados por lei ao dever de notificação e à apresentação de um Relatório de Segurança.
2. Interditar a construção de novas edificações em leitos de cheia nas áreas urbanas consolidadas ou em consolidação, excepto as que correspondam à substituição de edifícios a demolir inscritos na matriz predial urbana, não devendo a área de implantação ser superior à anteriormente ocupada e salvaguardando que a cota do piso inferior da edificação seja superior à cota da maior cheia conhecida no local.
3. Promover a gestão dos leitos de cheia nas áreas urbanas consolidadas ou em consolidação, como espaços abertos vocacionados para actividades de recreio e lazer, podendo incluir eventuais estruturas ligeiras de apoio.

4. Interditar a construção de novas edificações em leitos de cheia fora dos aglomerados urbanos, excepto os edifícios indispensáveis à actividade agrícola, nas situações em que fique demonstrado não existir localização alternativa.
5. Promover a gestão dos leitos de cheia fora dos aglomerados urbanos, como espaços vocacionados para a actividade agrícola e como corredores ecológicos.
6. Interditar o vazamento de entulhos, lixo ou sucata em leito de cheia.

INSTABILIDADE DE VERTENTES

1. Interditar a construção de novas edificações nas áreas com susceptibilidade elevado ou muito elevado aos movimentos de massa em vertentes, excepto quando seja comprovado por estudo geotécnico de maior detalhe, pelo menos à escala 1:2000, que estão devidamente acauteladas as condições de segurança estrutural do parque a edificar e das zonas envolventes.
2. Promover a implementação de medidas de estabilização geotécnica nas vertentes perigosas situadas a montante de edifícios associados a funções estratégicas, vitais e sensíveis (e.g. rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros, instalações de outros agentes de protecção civil, estabelecimentos industriais).

EROSÃO DO LITORAL

1. Interditar, nas zonas ameaçadas pelo mar, arribas e suas faixas de protecção, a instalação de novos equipamentos hospitalares e de saúde, escolares, de reclusão e de gestão de emergência e de socorro, bem como de novos

estabelecimentos industriais perigosos que estejam obrigados por lei ao dever de notificação e à apresentação de um Relatório de Segurança.

2. Interditar a construção de novas edificações nas zonas ameaçadas pelo mar, arribas e suas faixas de protecção, nas áreas urbanas consolidadas ou em consolidação, excepto as que correspondam à substituição de edifícios a demolir inscritos na matriz predial urbana, desde que sejam objecto de estudos pormenorizados sobre as características geológicas, geomorfológicas, geotécnicas e evolutivas da linha de costa e faixa de risco adjacente, e se demonstre que se encontram asseguradas as condições de segurança exigidas para a sua ocupação.

RISCOS TECNOLÓGICOS

1. Fixar distâncias de segurança provisórias de 500 metros, enquanto não forem definidos os critérios de referência por portaria do Governo, entre os estabelecimentos industriais que estão obrigados ao dever de notificação e à apresentação de um Relatório de Segurança (“indústrias Seveso”) e zonas residenciais, vias de comunicação, locais frequentados pelo público e zonas ambientalmente sensíveis.
2. Interditar o transporte de mercadorias perigosas (previstas na Parte 1 do Anexo I do Decreto-Lei n.º 254/2007, de 12 de Julho, e no regulamento (CE) N.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, que transpõe para o quadro legal da União Europeia o GHS - Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) nas áreas urbanas, excepto quando se demostre a inexistência de rota alternativa.

3. Promover a utilização de materiais resistentes ao fogo, previstos na Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro, nos processos de reabilitação urbana, nomeadamente no centro histórico de Setúbal.

RISCOS MISTOS

1. Imputar aos promotores de projectos de desenvolvimento nas áreas com solos potencialmente contaminados assinalados na carta multi-perigo a análise dos solos e a sua descontaminação quando a concentração de substâncias poluentes for considerada acima dos limiares aceitáveis, particularmente no caso de envolverem risco para a saúde pública e a contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

RISCOS CLIMÁTICOS

1. Privilegiar as configurações urbanas com edifícios desenvolvidos num eixo Este-Oeste (situação energética mais favorável) e garantir uma razão H/W (altura dos edifícios (H) / largura da rua (W)) ≤ 1 nas futuras urbanizações.
2. Impedir a construção de edifícios altos ou médios ($H/W \leq 1$), com a fachada principal orientada paralelamente à linha de costa, de modo a não impedir a livre circulação das brisas de mar.
3. Criar corredores de ventilação com orientação N-S a norte das áreas urbanas mais densas e reduzir a camada de atrito ao vento para valores de z_0 (rugosidade aerodinâmica) inferiores a 0,7m.

4. Nos espaços verdes de lazer, promover uma estrutura diversificada, com alternância de áreas abertas e arborizadas, dando preferência à vegetação caducifólia. Nos espaços verdes de protecção, favorecer manchas densas de árvores de folha persistente.
5. Promover a utilização de materiais de construção e cobertura de baixa condutividade e albedo elevado.

8. Referências bibliográficas

Alcoforado, M.J.; E. Andrade; M. Neves; G. Vieira (1993) – Climas locais da Arrábida no Inverno. *Finisterra*, XXVIII (55-56): 215-228.

Alcoforado, M.J.; H. Andrade (2006) - Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts. *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 151-159.

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Petty, R. & Hackett, G. (1987) - DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory. E.P.A..Ada, Oklahoma, USA.

Armas I (2006) - Earthquake risk perception in Bucharest, Romania. *Risk Analysis*, 5 (26):1223-1234, Society for Risk Analysis, New Jersey.

Buma, J.; van Asch, T. (1996) - Slide (rotational). In Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; Ibsen, M.-L. (eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester: 43-61.

Caramelo, A.; Cornaglia, G.; Bucho, J.; Macedo, M.; Isabel, S.; Pires, P.; Sacadura, P. (2011) - Carta de Risco da Península da Mitrena. Autoridade Nacional de Protecção Civil e Serviço Municipal de Protecção Civil e Bombeiros de Setúbal, Carnaxide.

Cardoso, J. V. C (1965) – Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese – a Sul do rio Tejo, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.

Carson, M. A.; Kirkby, M.J. (1975) - *Hillslope Form and Processes*. 2.ed., Cambridge University Press, Malta.

Carvalho L, Matias M, Leitão N (2010) - Do risco à catástrofe, um desafio para a protecção civil o risco sísmico no município da Amadora. In *Actas do II Congresso Internacional de Riscos*, Coimbra.

CCDR-LVT (2009) - Reserva Ecológica Nacional. Documento de apoio à delimitação. Fichas técnicas por tipologia de área (Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de Agosto, Comissão de Coordenação Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Janeiro de 2009, Lisboa.

CNREN (2010) - Projecto de Orientações Estratégicas de âmbito Nacional; Projecto de Esquema Nacional de Referência. DGOTDU.

Cruden, D. M.; Varnes, D. J. (1996) – Landslide Types and Processes. In Turner, A. K., Shuster, R. L. (eds.). *Landslides. Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C.

D.G.S. (2010) – Plano de contingência para as ondas de calor, 2010. Lisboa, Direcção Geral de Saúde.

Daveau, S. *et al.* (1985) - Mapas climáticos de Portugal. Nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos. Lisboa, Memórias do Centro de Estudos Geográficos, 7.

Erskine, C.F. (1973) - Landslides in the vicinity of the Fort Randall Reservoir South Dakota. Geological Survey Professional Paper, 675, Washington.

European Union Satellite Centre (2012) – Plano de Evacuação Setúbal, Portugal. FP7 – Cooperation project SAFER Evacuation Plan (Setubal). SAFER, Services and Applications for Emergency Response.

Flageollet, J.-C.; Weber, D. (1996) - Fall. In Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; Ibsen, M.-L. (eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley & Sons, Chichester: 13-28.

Goodchild, M.F.; Lam, N. (1980) - Areal interpolation: A variant of the traditional spatial problem. *Geoprocessing*, 1: 297-312.

Gruntal G (ed.) (1998) - *European Macroseismic Scale 1998*. Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg.

Highland L. M.; Bobrowsky, P. (2008) – *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey Circular 1325 Reston, Virginia.

IHERA (1999) – *Notícia explicativa da Carta de Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo, Direcção de Serviços dos Recursos Hídricos e Aproveitamentos Hidroagrícolas, Divisão de Solos, Lisboa*.

Julião, R.P.; Nery, F.; Ribeiro, J.L.; Castelo Branco, M.; Zêzere, J.L. (2009) – *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português.

Lopes, A.; S. Oliveira (2008a) *Assessment of thermal and mechanical comfort of people based on wind tunnel experiments*, ICB 2008, 18th International Congress of Biometeorology, Tokyo, 22-26 de Setembro.

Lopes, A.; S. Oliveira; M. Fragoso (2008b) – *Vento Forte e queda de árvores em Lisboa. Avaliação e primeiros resultados*, in Alcoforado, MJ et al. (eds.) *Estudos sobre Cidades e Alterações Climáticas*. CEG/A.I.G-E., 8: 71-91.

Lopes, A.; S. Oliveira, M. Fragoso, J. Andrade, P. Pedro (2008c) - *Wind risk assessment in urban environments: the case of falling trees during windstorm events in Lisbon*, in K. Střelcová, et al (Eds.), *Bioclimatology and Natural Hazards*, Springer: 55-74.

Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes (1983), *Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio*. Diário da República 1.ª Série – n.º 125 – 31/05/1983, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, Lisboa.

Monturiol, F. e colaboradores (1978) – *Cartografia edafológica y capacidad de uso de los suelos de la franja costera de la provincia de Santander*. CDIS, Santander, y CDIS, Madrid.

Mora, C. (1998) – *Aspectos do clima local da Arrábida*. Lisboa, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

Pimenta, M. T. (1999) – *Directrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda do Solo, Factor de Cultura C e Factor de Erodibilidade do Solo K*, Instituto Nacional da Água (INAG), Lisboa.

POOC de Sintra – Sado

http://www.icn.pt/downloads/list_poocs_icn/POOC_SINTRA_SADO_list.htm.

Presant, E.W.; Acton, C.J. (1984) - The Soils of the Regional Municipality of Haldimand-Norfolk. Report No. 57, Ontario Institute of Pedology.

PROSCESL (2011) - Plano de Drenagem Pluvial das bacias do concelho de Setúbal, 2ª fase - Relatório Final (Memória descritiva e justificativa), C. M. Setúbal.

Ramos, C.; Zêzere, J.L.; Reis, E.; Mendonça, J.L. (2008) – Reserva Ecológica Nacional do Oeste e Vale do Tejo – Quadro de Referência Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa.

Ramos, C.; Zêzere, J.L.; Reis, E.; Mendonça, J.L. (2010) – Reserva Ecológica Nacional da Área Metropolitana de Lisboa – Quadro de Referência Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa.

Reis, E. (2011) - Análise de bacias hidrográficas, susceptibilidade à ocorrência de cheias e Sistemas de Informação Geográfica: da definição do quadro conceptual até à proposta de um modelo de avaliação, VIII Congresso da Geografia Portuguesa, APG, Lisboa, 6 p, CD-ROM SIG-130-598-2.

SCHEMA - Scenarios for Hazard-induced Emergencies Management, Final report of SCHEMA project, Project n° 030963, Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006).

Taborda, R.; Andrade, C.; Marques, F.; Freitas, M.; Rodrigues, R.; Antunes, C.; Pólvora, C. (2010) Plano estratégico de Cascais face às alterações climáticas - Sector zonas costeiras.

Varnes, D. J. (1978) - Slope Movement Types and Processes. In Schuster, R.L.; Krizek, R.J. (eds.), Landslides, Analysis and Control, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C.: 11-33.

Varnes, D.J. and the International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes (1984) - Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO, Paris.

Working Party on World Landslide Inventory, Unesco (1993) - Multilingual landslide glossary. International Geotechnical Societies, Canadian Geotechnical Society, Richmond.

Yin, K. L.; Yan, T. Z. (1988) - Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. In Bonnard, C. (Ed.), Landslides, Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, 2, Balkema, Rotterdam, p. 1269–1272.

Zêzere, J.L. (2002). Landslide susceptibility assessment considering landslide typology. A case study in the area north of Lisbon (Portugal). Natural Hazards and Earth System Sciences, 2, 1/2: 73-82.

Zêzere, J.L.; Garcia, R.A.C.; Oliveira, S.C.; Reis, E. (2008). Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal). Geomorphology, 94, 3-4: 467-495.

