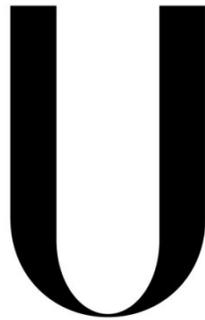


Universidade de Lisboa

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**LISBOA**

---

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DO RISCO À ESCALA  
MUNICIPAL**

**Nelson Miguel Branco Mileu**

**Orientador: Professora Doutora Margarida Maria de Araújo Abreu Vilar de Queirós do Vale**

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor no ramo de Geografia, especialidade de Ciências de Informação Geográfica.

2016



**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DO RISCO À ESCALA  
MUNICIPAL**

**Nelson Miguel Branco Mileu**

**Orientador:** Professora Doutora Margarida Maria de Araújo Abreu Vilar de Queirós do Vale

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor no ramo de Geografia, especialidade de Ciências de Informação Geográfica.

**Júri:**

Presidente: Doutora Maria Lucinda Cruz dos Santos Fonseca, Professora Catedrática e Presidente do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

Vogais:

- Doutor Luciano Fernandes Lourenço, Professor Associado com Agregação Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra;
- Doutor Rui Pedro de Sousa Pereira Monteiro Julião, Professor Auxiliar Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa;
- Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues, Professor Auxiliar Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa;
- Doutor José Luís Moreira Gonçalves da Silva Zêzere, Professor Catedrático Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;
- Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa, Professor Auxiliar Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;
- Doutora Margarida Maria de Araújo Abreu Vilar de Queirós do Vale, Professora Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

## **PREFÁCIO E AGRADECIMENTOS**

A elaboração de uma tese é um trabalho eminentemente solitário e que resulta normalmente de uma “obrigação”, de uma “paixão” ou de ambas. No meu caso, resultou da “paixão” pela geografia e pelas tecnologias de informação. A fase inicial da construção de uma tese começa pela definição da área onde queremos trabalhar e dos caminhos que vamos seguir, pois são variados e muitas vezes estimulantes, constituindo a primeira barreira que teve de ser ultrapassada na elaboração deste trabalho. Para a ultrapassar não existiu nenhuma receita milagrosa senão ler e conversar muito sobre o tema e os caminhos a seguir. Na presente tese, o caminho trilhado (considerando uma pirâmide triangular) percorre três faces que são a cartografia de risco, os sistemas de informação geográfica e o ordenamento do território, constituindo a geografia a base de suporte desta pirâmide.

Não sendo uma “obrigação” e pelo facto de não ser um desafio elaborado de forma exclusiva e a tempo inteiro, a sua elaboração nos tempos livres entre o trabalho na empresa e as aulas no IGOT exigiu uma motivação adicional e a adoção de algumas sugestões comuns, como despendar menos tempo à secretária a escrever; dedicar à tese, em regra duas horas por dia; começar no meio da tese; escrever o mais rápido que se puder e não tão bem como se pode e depois deixar o texto descansar e então reescrever.

A primeira e segunda sugestão para “gastar” menos tempo à secretária e dedicar no máximo duas horas por dia foram adotadas e constituíram uma ajuda fundamental para focalizar a execução do trabalho e não dispersar energias, pelo que recomendo a adoção das mesmas a quem esteja a iniciar um desafio semelhante, designadamente a quem fizer teses em condições análogas. A terceira sugestão não foi adotada, pois o começo da tese começou no capítulo referente à revisão da literatura, tendo este constituído o suporte teórico para a elaboração do texto e do caminho que se trilhou. Apesar de se ter começado pela revisão da literatura, os saltos entre capítulos e subcapítulos foram uma constante do trabalho que permitiu aliviar pontos menos aliciantes e arrancar com novas fases do trabalho. Relativamente à quarta e quinta sugestão foram também integralmente adotadas, permitindo plasmar e estruturar no documento todas as ideias que iam surgindo. Naturalmente que estas foram escritas e reformuladas com novas leituras, constituindo o “descanso” do texto um passo fundamental no trabalho executado.

A todas as pessoas que me ajudaram na elaboração desta tese deixo aqui o meu sincero agradecimento. Não tendo espaço para agradecer a todas individualmente e apesar do risco de ser ingrato gostaria de mencionar algumas pessoas em particular. Em primeiro lugar a Margarida Queirós que em 2008 me desafiou a fazer o doutoramento e que em 2014 me incentivou e acompanhou com as suas questões sempre acutilantes. Aos colegas do IGOT que me ajudaram o meu agradecimento.

Aos colegas de trabalho da Município que acompanharam esta aventura e ajudaram a ultrapassar dúvidas, designadamente o João Gomes. Como não podia de ser um agradecimento particular ao “chefe” que acompanhou e permitiu por várias razões que este trabalho fosse possível.

Finalmente, mas certamente em primeiro lugar, queria agradecer à minha família e amigos. À minha mulher e às minhas filhas pelas ausências físicas mas fundamentalmente pelas ausências mentais. A minha falecida mãe e ao meu pai que sempre me ajudaram neste percurso. Para os meus irmãos e sobrinhos e ao Bruno em particular pela ajuda informática o meu obrigado.

# ÍNDICE GERAL

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	ENQUADRAMENTO .....	1
1.2.	OBJETIVOS .....	2
1.3.	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO.....	3
1.4.	HIPÓTESES.....	4
1.5.	CONTRIBUTOS DA PESQUISA .....	4
1.6.	METODOLOGIA.....	5
1.7.	ESTRUTURA DA TESE .....	8
1.8.	CONCEITOS ADOTADOS .....	10
2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	13
2.1.	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL .....	13
2.1.1.	O conceito de sistema de apoio à decisão espacial .....	13
2.1.2.	Componentes e tipologias dos SADE.....	17
2.1.3.	Vantagens e limitações dos SADE .....	19
2.1.4.	Técnicas de modelação dos SADE .....	20
2.2.	OS SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DO RISCO PARA SUPORTE AO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO.....	22
2.2.1.	Os Sistemas de Apoio à Decisão na Gestão do Risco .....	22
2.2.2.	Gestão dos Riscos e Integração da Cartografia de Risco no Ordenamento do Território 28	
2.3.	SÍNTESE E CONCLUSÕES .....	38
3.	INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO À ESCALA MUNICIPAL – A SITUAÇÃO EXISTENTE E O CONTRIBUTO PARA A BASE DE CONHECIMENTO DO SADE .....	39
3.1.	O CONTRIBUTO DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NA MINIMIZAÇÃO DE RISCOS	39
3.2.	ENQUADRAMENTO DO RISCO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO EM PORTUGAL... 43	
3.3.	A INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO NA DEFINIÇÃO DO MODELO TERRITORIAL E IMPLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DO SADE .....	44
3.3.1.	A integração da cartografia de risco nas opções de uso do solo .....	44
3.3.2.	Modelo de análise .....	45
3.3.3.	A recolha de dados.....	46
3.3.4.	Codificação e análise qualitativa das entrevistas.....	47
3.4.	SÍNTESE E CONCLUSÕES .....	53
4.	COMPONENTES DO SADE PARA A GESTÃO DO RISCO .....	55
4.1.	A COMPONENTE DE CONHECIMENTO – RISCO, CONCEITOS E ASPETOS TEÓRICOS ..	56

4.1.1.	Risco, conceitos e aspetos teóricos.....	56
4.1.2.	Conceito de risco adotado no SADE.....	58
4.2.	A COMPONENTE DE GESTÃO DA BASE DE DADOS – TEMAS E TABELAS ALFANUMÉRICAS.....	60
4.2.1.	Perigos.....	60
4.2.2.	Vulnerabilidade/Índices Consequência.....	79
4.2.3.	Elementos expostos.....	85
4.2.4.	Capacidade de resposta.....	86
4.3.	A COMPONENTE DE GESTÃO DO(S) MODELO(S) – A ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA AVALIAÇÃO DE RISCO QUALITATIVA E O MODELO DE TRANSFORMAÇÃO DO USO DO SOLO87	
4.3.1.	A Análise Multicritério.....	87
4.3.2.	O modelo de transformação do uso do solo.....	94
4.4.	A COMPONENTE DE GESTÃO DO INTERFACE – A VISUALIZAÇÃO E OS RESULTADOS (RELATÓRIOS).....	95
4.4.1.	Os requisitos do interface.....	95
4.4.2.	A exploração dos resultados.....	97
4.5.	A COMPONENTE DOS ATORES/DECISORES – GOVERNANÇA DO RISCO.....	97
4.5.1.	A governança do risco no SADE.....	98
4.5.2.	Os Níveis de Intervenção na Gestão dos Riscos.....	99
4.5.3.	O Perfil de Governança dos Riscos com Intervenção Direta no Ordenamento do Território à Escala Municipal.....	110
5.	A IMPLEMENTAÇÃO DO SADE “RiskOTe”.....	119
5.1.	OBJETIVOS E PRÍNCIPIOS DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO.....	119
5.1.1.	Objetivos.....	119
5.1.2.	Conceitos adotados.....	120
5.1.3.	Metodologia.....	121
5.2.	A POSSIBILIDADE DE DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS NO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO.....	139
5.2.1.	O que são cenários?.....	139
5.2.2.	Tipologia de cenários.....	140
5.2.3.	Desenvolvimento de cenários no sistema de apoio à decisão.....	141
5.3.	ARQUITETURA TÉCNICA, FUNCIONAL E MODELO DE DADOS DO SADE.....	143
5.3.1.	Arquitetura técnica.....	143
5.3.2.	A arquitetura funcional.....	144
5.3.3.	Modelo de dados.....	153
6.	APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO - MUNICÍPIO DE OEIRAS.....	155
6.1.	INTRODUÇÃO.....	155
6.2.	CASO DE ESTUDO.....	155

6.3.	METODOLOGIA E UNIDADE CARTOGRÁFICA DE ANÁLISE .....	156
6.4.	DADOS UTILIZADOS.....	157
6.4.1.	Cartografia de suscetibilidade/perigosidade.....	157
6.4.2.	Elementos expostos .....	159
6.4.3.	Vulnerabilidade e índices consequência.....	160
6.4.4.	Capacidade de resposta .....	165
6.5.	ANÁLISE COMPARATIVA DE CENÁRIOS.....	169
6.5.1.	Cenários associados à tempestade de 8 de janeiro de 1996 .....	169
6.5.2.	Cenários associados à tempestade de 2 de novembro de 1997.....	174
6.5.3.	Cenários associados ao incêndio em matos de 6 de agosto de 2014 .....	180
6.6.	SÍNTESE E LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA .....	185
7.	CONCLUSÕES.....	189
7.1.	REVISITANDO O OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO .....	189
7.2.	RESUMO DOS RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO .....	189
7.2.1.	Questão de Investigação 1: De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão? .....	189
7.2.2.	Questão de Investigação 2: Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão espacial que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?.....	190
7.2.3.	Questão de Investigação 3: Como poderá um modelo de apoio à decisão ser implementado para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo que integre a componente de gestão do risco?.....	192
7.2.4.	Questão de Investigação 4: Quais são os cenários que o sistema irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados? .....	193
7.3.	OPORTUNIDADES PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS/ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO A EXPLORAR.....	193
7.4.	SÍNTESE DAS CONCLUSÕES .....	194
	BIBLIOGRAFIA.....	197
	ANEXO I .....	209
	ANEXO II .....	213
	ANEXO III .....	217

## ÍNDICE DE FIGURAS

N.º	Título	Pág.
1	As questões de investigação .....	3
2	Fases e organização da investigação.....	6
3	Organização da tese .....	8
4	Processo geral de decisão espacial .....	14
5	Progressão do desenvolvimento dos SADE (Adaptado de Sugumaran e Sugumaran, 2005:4) ..	15
6	Grau de estrutura do problema (Adaptado de Malczewski, 1997: 4) .....	16
7	Características dos SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 15).....	17
8	Componentes de um SADE (Adaptado de Malczewski, 1997: 4).....	18
9	Representação esquemática de um WebSADE (Adaptado de Sugumaran e Sugumaran, 2005: 10) .....	18
10	Classificação das técnicas de modelação dos SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 146) .....	21
11	Esquema de Análise Multicritério Espacial (Adaptado de Malczewski, 1999).....	22
12	Estrutura da ferramenta de apoio à decisão na gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território (Adaptado de Menoni <i>et al.</i> , 2006: 23) .....	27
13	Integração da minimização do risco no processo de ordenamento do território (Adaptado de EMA, 2002: 32).....	29
14	Classes de risco resultantes da intensidade e probabilidade (Camenzind-Wildi, 2006: 15) .....	30
15	Princípios de delimitação e de construção em zonas de avalanche em França (Adaptado de Peltier, 2005: 388).....	34
16	A gestão do risco integrada no processo de ordenamento do território (Adaptado de Greiving e Fleischhauer, 2006: 116).....	35
17	Elementos de integração da gestão preventiva de riscos no ordenamento do território (Adaptado de Sutanta, 2012: 38).....	35
18	Modelação dinâmica do risco em ordenamento do território (Adaptado de Sutanta <i>et al.</i> .....	36
19	O modelo de análise qualitativa de dados NCT (Adaptado de Friese, 2014: 12).....	46
20	Esquema simplificado das questões colocadas nas entrevistas .....	47
21	Esquema simplificado das questões a colocadas nas entrevistas (Adaptado de Friese, 2014: 15) .....	48
22	Exemplo de vista de rede: Questão 10 .....	48
23	Componentes do SADE e associação aos subcapítulos (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 69) .....	55
24	Definição de risco segundo Wamsler, 2007: 106.....	57
25	Definição alargada de risco segundo Wamsler, 2007: 106.....	57
26	Esquemas e tabelas da base de dados.....	60
27	Tipos de risco e a sua localização nas áreas de risco normais, de transição e proibidas (Adaptado de WBGU, 1998: 9).....	62
28	Carta de Riscos do PDM de Vila Franca de Xira, 2010 (Fonte: SNIT) .....	69
29	Carta de Riscos do PDM de Santo Tirso, 2012 (Fonte: SNIT) .....	70
30	Carta de Riscos (A2) do PDM de Vila Pouca de Aguiar, 2012 (Fonte: SNIT).....	71
31	Carta de Riscos Naturais e Antrópicos I do PDM de Lisboa, 2011 (Fonte: CML) .....	72
32	Carta de Riscos do PDM de Tabuaço, 2012 (Fonte: SNIT).....	73
33	Planta de Ordenamento do PDM de S. João da Madeira, 2011 (Fonte: SNIT) .....	74
34	As esferas da vulnerabilidade (Adaptado de Birkmann, 2007:22).....	79
35	Modelos conceptuais e analíticos associados ao conceito de vulnerabilidade .....	81
36	Metodologia para determinação de um índice de risco para um determinado perigo natural (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007) .....	84

37	Fluxograma para determinação do índice consequência (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007) .....	84
38	Resiliência enquanto conceito abrangente (Adaptado de Thywissen, 2006: 38) .....	86
39	Visão simplificada do modelo de análise de risco a adotar .....	88
40	Árvore de Valor M-MACBETH de todos os PV e a vermelho os PVF .....	90
41	Aplicação MACBETH ao ponto de vista da vulnerabilidade ambiental .....	91
42	Matriz de Julgamentos para as componentes de vulnerabilidade .....	92
43	Tabela de pontuações .....	92
44	Análise de sensibilidade dos valores dos pesos das componentes de avaliação da vulnerabilidade .....	93
45	Princípios de delimitação e de construção nas diferentes classes risco .....	94
46	Matriz de avaliação do risco para transformação do uso do solo .....	95
47	Esquema do processo de análise .....	96
48	Stakeholders envolvidos num SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 176) .....	97
49	Orgânica do XXI Governo Constitucional .....	100
50	Entidades públicas relacionadas com os principais perigos que afetam Portugal à data .....	105
51	Direções Gerais da CE associadas à gestão do risco (Adaptado de <a href="http://ec.europa.eu/about/ds_pt.htm">http://ec.europa.eu/about/ds_pt.htm</a> ) .....	109
52	Contextualização do perfil de governança do risco no desenvolvimento do SADE .....	110
53	Distribuição relativa das respostas por tipo de ator .....	112
54	Perigos identificados no questionário .....	113
55	Perfil nacional de governança do risco .....	116
56	Conceito de risco adotado (Adaptado de Julião <i>et al.</i> , 2009) .....	121
57	Esquema de análise do SADE .....	122
58	Modelo de análise de risco semiquantitativo .....	123
59	Esquema de determinação dos índices consequência (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007) .....	125
60	Tipologias de cenários (Adaptado de Borjeson <i>et al.</i> , 2006) .....	141
61	Arquitetura técnica do SADE .....	143
62	Esquema simplificado do sistema RiskOTe .....	145
63	Página inicial do RiskOTe .....	146
64	RiskOTe: etapa 2a .....	147
65	RiskOTe: Etapa 2b inicial .....	148
66	RiskOTe: Etapa 2b subsequente .....	148
67	RiskOTe: Etapa 3 .....	149
68	RiskOTe: Etapa 4 .....	150
69	RiskOTe: Etapa 5 .....	150
70	RiskOTe: Etapa 6 .....	151
71	RiskOTe: Etapa 8 .....	152
72	Esquemas e tabelas da base de dados RiskOTe .....	153
73	Localização do caso de estudo .....	156
74	Fluxograma simplificado da metodologia adotada no SADE RiskOTe .....	157
75	Carta de Suscetibilidade às Cheias/Inundações, Movimentos de Vertente. <i>Tsunami</i> e Incêndios Florestais do Concelho de Oeiras .....	159
76	Elementos expostos utilizados nos cenários .....	160
77	Índice Consequência normalizado da componente física: população .....	161
78	Índice Consequência normalizado da componente física: infraestruturas .....	162
79	Índice Consequência normalizado da componente física – outras áreas. para o perigo de cheias/inundações .....	163
80	Índice Consequência normalizado da componente física – outras áreas. para o perigo de incêndios florestais .....	163
81	Índice Consequência normalizado da componente social .....	164

82	Índice Consequência normalizado da componente económica .....	165
83	Distância-tempo a partir dos bombeiros .....	166
84	Distância-tempo para o Hospital de S. Francisco de Xavier .....	167
85	Distância-tempo agregada à subsecção estatística .....	167
86	Número de equipamentos críticos, estratégicos e vitais na freguesia representado à subsecção estatística .....	168
87	Pesos adotados no cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe.....	170
88	Limite da pretensão associada ao cenário (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe.....	171
89	Probabilidade e danos definidos no cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe.....	171
90	Componentes de análise do sistema e da análise visual (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe .....	172
91	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe .....	172
92	Redefinição dos pesos adotados no cenário (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe.....	173
93	Componentes de análise do sistema e da análise visual após redefinição das ponderações (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe .....	173
94	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base após redefinição das ponderações (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe .....	174
95	Pesos adotados no cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe	175
96	Limite da pretensão associada ao cenário (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe.....	176
97	Probabilidade e danos definidos no cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe .....	176
98	Componentes de análise do sistema e da análise visual (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe .....	177
99	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe.....	178
100	Limite da pretensão associada ao cenário realocado (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe .....	178
101	Componentes de análise do sistema e da análise visual associada à realocação do cenário (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe .....	179
102	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base com realocação da pretensão (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe .....	180
103	Pesos adotados no cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	181
104	Limite da pretensão associada ao cenário (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe.....	181
105	Danos definidos no cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	182
106	Componentes de análise do sistema e da análise visual (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	182
107	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	183
108	Componentes de análise do sistema e da análise visual para o cenário base com aumento da componente de vulnerabilidade (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	184
109	Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base com aumento da componente de vulnerabilidade (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe .....	184

110	Exemplos gráficos de aplicação de diferentes métodos de classificação sobre o histograma do índice de vulnerabilidade da população (a) quantis, b) intervalos iguais, c) quebras naturais, d) progressão geométrica) ..... 186
111	Exemplos de mapas com aplicação de diferentes métodos de classificação do índice de vulnerabilidade da população (a) quantis, b) intervalos iguais, c) quebras naturais, d) progressão geométrica) ..... 186

## ÍNDICE DE QUADROS

N.º	Título	Pág.
1	Questões de investigação e hipóteses .....	4
2	Lista dos principais conceitos adotados.....	10
3	Referências sobre sistemas de apoio à decisão na gestão de riscos .....	23
4	Zonamento e restrições definidas na Suíça (Adaptado de Peltier, 2005).....	31
5	Zonamento e restrições definidas no Vale de Aosta (Adaptado de Peltier, 2005).....	32
6	Zonamento e restrições definidas para França (Adaptado de Peltier, 2005) .....	33
7	Avaliação das consequências na dimensão das vítimas, edificado, económica e ambiental (Adaptado de Saunders, 2012) .....	37
8	Quadro 8 – Níveis de probabilidade (Adaptado de Saunders, 2012).....	37
9	Contributo dos instrumentos de planeamento e de suporte para as estratégias de gestão do risco.....	40
10	Síntese de medidas de mitigação relevantes para o planeamento e ordenamento do território .....	41
11	Síntese das principais implicações para o ordenamento do território associadas à cartografia de risco.....	51
12	Tipologia de perigos/riscos relevantes para efeitos de planeamento segundo Fleschhauer (2006) .....	63
13	Principais perigos evidenciados no PNPOT .....	64
14	Perigos/Riscos evidenciados nos PROT do continente .....	64
15	Riscos listados no guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal.....	66
16	Perigos/Riscos com regime específico no regulamento dos PDM analisados.....	74
17	Indicadores de vulnerabilidade e capacidade de resposta (Adaptado de Bollin e Hidajat, 2006)82	82
18	Classificação dos elementos expostos (Adaptado de Westen <i>et al.</i> , 2011:4-3) .....	85
19	Tipos de entidades e categorias dos elementos expostos (Adaptado de Menoni <i>et al.</i> , 2006: 35) .....	86
20	Descritores de desempenho para os critérios .....	90
21	Resultados da avaliação das alternativas.....	92
22	Aspetos da governança do risco e impactos no ordenamento do território (Adaptado de Zeidler <i>et al.</i> , 2010: 36) .....	98
23	Políticas e instrumentos da UE associados à prevenção e redução de riscos .....	107
24	Interesses manifestados pelos diferentes atores na gestão do risco .....	112
25	Reclassificação da perigosidade/suscetibilidade num índice .....	124
26	Referências bibliográficas de suporte à determinação da vulnerabilidade do edificado.....	128
27	Relação das variáveis Pe com Te.....	131
28	Tabela ilustrativa do modelo de compatibilidade de usos do solo de acordo com a classe de risco.....	139
29	Síntese dos cenários do RiskOTe.....	142
30	Principais características dos temas de suscetibilidade utilizados nos cenários ....158	158
31	Origem dos elementos expostos utilizados nos cenários.....	159
32	Tipos de entidades e categorias dos elementos expostos utilizados .....	159
33	Temas utilizados no cálculo da vulnerabilidade e índices consequência .....	160
34	Temas utilizados no cálculo da capacidade de resposta .....	166

## Resumo

Num contexto de catástrofes recorrentes e de expansão urbana, associada a usos do solo incompatíveis, a conexão entre ordenamento do território e amplificação do risco é comum. O recente Quadro de Ação de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (2015-2030), promovido pelas Nações Unidas, através da prioridade no investimento na redução do risco de desastres para a resiliência, identifica como atividade, a promoção da integração das avaliações de risco no desenvolvimento e na implementação de políticas de usos do solo, o que constitui uma evidência do risco como parte integrante do ordenamento do território.

Neste contexto, o objetivo desta tese é o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco à escala municipal. A escolha desta escala para o desenvolvimento do sistema, deve-se ao facto de, no nível municipal, em Portugal, reverterem e serem concertadas várias políticas públicas.

A pesquisa é orientada pelas seguintes questões:

1. De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?
2. Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?
3. Poderá um modelo de apoio à decisão ser aplicado na gestão do risco para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo?
4. Quais são os cenários que o sistema de apoio à decisão irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados?

Para alcançar o objetivo desta tese, foram identificadas as componentes necessárias ao desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial e descrita a forma como se assegura a execução e funcionamento do mesmo. A demonstração prática da aplicabilidade do sistema de apoio à decisão espacial, designado por “RiskOTe”, baseou-se num caso de estudo, correspondente ao município de Oeiras.

A aplicação ao caso de estudo permitiu gerar vários cenários, comparar os resultados obtidos e demonstrar que o apoio à tomada de decisão sobre a transformação dos usos do solo que integre a análise e governança de risco pode ser suportado numa base sólida de informações obtidas a partir do sistema.

**Palavras-chave:** sistema de apoio à decisão espacial; ordenamento do território; risco, análise multicritério, cenários.

## Abstract

In a context of recurrent disasters and urban expansion, associated with incompatible land uses, the connection between spatial planning and risk amplification is common. The recent Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030), promoted by the United Nations, through its priority 3 “investing in disaster risk reduction for resilience”, identifies an activity, for the promotion of the mainstreaming of disaster risk assessments into land-use, including urban planning. This activity is evidence of risk as part of spatial planning.

In this context, the aim of this thesis was the development of a spatial decision support system to assist spatial planning integrating the risk management component at municipal level. The choice of the municipal level was made, because, in Portugal, various public policies are applied and articulated in this way.

The research was guided by the following questions:

1. How is risk integrated into municipal territorial models and how can that contribute to the development of a decision support system?
2. What components (and with what characteristics) may have a decision support system that integrates risk mapping in land management at the municipal level?
3. Can a decision support model be applied in risk management to support spatial planning and land use transformation evaluation?
4. What are the scenarios that the decision support system will develop and how can the results be presented?

To achieve the main objective of this thesis, the components for the development of the spatial decision support system were identified, described and implemented. Oeiras municipality was used as case study to demonstrate the applicability of the spatial decision support system, referred as "RiskOTe".

The use of the system allowed the generation of multiple scenarios and results. This thesis demonstrated that decision-making about land uses transformation integrating risk analysis and governance can be supported on a solid basis of information obtained from the system.

**Key-words:** spatial decision support system; spatial planning; risk, multicriteria analysis, scenarios.

## ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AGRI	Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
BGRI	Base Geográfica de Referência de Informação
CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CE	Comissão Europeia
CLIMA	Direção Geral da Ação Climática
DGT	Direção Geral do Território
ECHO	<i>European Commission's Humanitarian aid and Civil Protection department</i>
EFFIS	<i>European Forest Fire Information System</i>
ERSTA	Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve
ESPON	<i>European Spatial Planning Observation Network</i>
GMES	<i>Global Monitoring for Environment and Security</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
ICNF	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
IP	Infraestruturas de Portugal
IGT	Instrumentos de Gestão Territorial
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LBPOTU	Lei de bases da política de ordenamento do território e de urbanismo
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
PDM	Plano Diretor Municipal
PEERS-AML	Plano Especial de Emergência para o Risco Sísmico na Área Metropolitana de Lisboa
PMDFCI	Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
PMEPC	Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil
PNPOT	Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território
PROT	Plano Regional de Ordenamento do Território
PSPRR	Plano Setorial de Prevenção e Redução de Riscos
REFER	Rede Ferroviária Nacional
REN	Reserva Ecológica Nacional
RJIGT	Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SADE	Sistema de Apoio à Decisão Espacial
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SGGD	Sistema de Gestão e Geração de Diálogos
SGMD	Sistema de Gestão do Modelo de Base
SNIT	Sistema Nacional de Informação Territorial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UE	União Europeia
UNISDR	<i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>



# 1. INTRODUÇÃO

---

**Sinopse do capítulo:** O capítulo 1 apresenta a tese, nas suas diferentes componentes. Inicia-se pelo enquadramento da tese, onde se apresenta genericamente o tema em foco e concretamente a problemática da integração da cartografia de risco no ordenamento do território. Neste capítulo, define-se o objetivo geral da tese, que consiste no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial (SADE) para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco, e os vários objetivos específicos. Apresentam-se ainda as quatro questões de investigação e respetivas hipóteses, os contributos científicos da pesquisa, as abordagens metodológicas utilizadas nos vários capítulos e a estrutura da tese onde se faz uma descrição dos diversos capítulos. Este capítulo termina com um subcapítulo dedicado à descrição dos conceitos adotados na tese.

**Palavras-chave:** objetivos; questões de investigação; hipóteses; contributos da pesquisa; metodologia.

## 1.1. ENQUADRAMENTO

São frequentes as notícias sobre catástrofes naturais ou tecnológicas na Europa, com particular destaque no nosso país para as cheias, incêndios florestais, tempestades, movimentos de vertente, secas, ondas de calor, vagas de frio, acidentes rodoviários ou acidentes industriais. Não menos frequentes são os comentários que estabelecem uma relação entre as consequências negativas das catástrofes, como a perda de vidas humanas, prejuízos económicos ou danos ambientais e um “mau ordenamento do território”. Este “mau ordenamento do território” refere-se objetivamente a questões como a construção de edifícios em leito de cheia, a impermeabilização de solos, a diminuição da secção de rios e ribeiras, a dispersão urbana ou a construção massificada na orla marítima e nas zonas em risco de erosão. Havendo sempre uma dose de imprevisibilidade nas catástrofes, poderemos questionar se um ordenamento do território “adequado” na perspetiva da gestão dos riscos implica necessariamente a atenuação da catástrofe ou apenas a não amplificação dos fenómenos. O crescente número de estudos sobre este tema têm procurado estabelecer a relação entre o conhecimento dos diferentes riscos com o ordenamento e planeamento do território, refletindo a crescente preocupação com as questões relacionadas com a proteção civil e gestão do risco.

O número de investigações e pesquisas sobre riscos naturais ou ordenamento do território é elevado, existindo também vários trabalhos que relacionam os dois temas/domínios, apesar de normalmente estarem focados em determinado perigo. Quando se procuram trabalhos que relacionem os conceitos de minimização de riscos, governança do risco, cartografia de risco e ordenamento do território no contexto do desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão (SAD), os resultados são mais limitados.

O desenvolvimento desta tese procura preencher esta lacuna, através da conceção de um sistema de apoio à decisão onde se relacionam os vários conceitos, num momento em que as questões relacionadas com a minimização de riscos, a cartografia de risco e o ordenamento do território assumem uma elevada importância em Portugal, no contexto do desenvolvimento

da estratégia nacional integrada para prevenção e redução de riscos e no quadro de ação de Sendai (2015-2030) onde se estabeleceu o objetivo de prevenir novos riscos e reduzir os riscos de desastres existentes nos diferentes níveis (nacional, regional e local), implementando várias medidas que previnam e reduzam a exposição a perigos e vulnerabilidades a desastres, aumentar o grau de preparação para resposta e recuperação, e assim, reforçar a resiliência.

A cartografia de risco é frequentemente apontada como uma ferramenta imprescindível para reduzir ou mesmo eliminar os riscos de perigos naturais e antrópicos. Sobre a importância que deve ser dada à componente espacial no contexto do risco, November (2008) frisa que o espaço é fundamental e que nenhum território deveria ser estudado sem considerar todos os riscos que enfrenta e que, por outro lado, nenhum risco deveria ser avaliado sem levar todas as suas dimensões espaciais em consideração. No entanto, a forma como a cartografia de risco é criada e utilizada nos processos de ordenamento do território constitui um tema pouco explorado mas de elevada sensibilidade e importância face às possíveis implicações no desenvolvimento do território. Tendo presente este enquadramento, o objetivo principal da tese é o desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco.

Tratando-se de uma temática que lida de perto com políticas públicas e os modelos de gestão, prevenção e redução de riscos, torna a definição da escala de análise da pesquisa e, consequentemente dos atores envolvidos, um aspeto crucial na investigação. Apesar de se abordar a gestão dos riscos e a cartografia de risco nas escalas europeias, nacional e regional, uma vez que se trata de uma matéria multiescalar e onde o quadro jurídico europeu e nacional determina a divisão de poderes entre os atores, a escala municipal é o nível de análise selecionado para a investigação, uma vez que é neste contexto que são revertidas e concertadas várias políticas públicas.

## **1.2.OBJETIVOS**

O objetivo principal da investigação é o desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco.

Relativamente aos objetivos específicos da tese, podem enunciar-se os seguintes:

**Objetivo 1:** Providenciar o contexto para o suporte racional do estudo, baseado na revisão da literatura existente sobre os sistemas de apoio à decisão espacial no contexto da gestão do risco (**Capítulo 2**).

**Objetivo 2:** Conhecer os modelos de integração da cartografia de risco no ordenamento do território à escala municipal para contextualização da pertinência do tema no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e fundamentar o desenho conceptual do mesmo (**Capítulo 3**).

**Objetivo 3:** Identificação e descrição das componentes do sistema de apoio à decisão espacial que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal (**Capítulo 4**).

**Objetivo 4:** Definir conceptualmente um sistema de apoio à decisão espacial que permita apoiar a decisão sobre a transformação de uso do solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos e de governança dos riscos (**Capítulo 5**).

**Objetivo 5:** Demonstrar a aplicabilidade da metodologia à escala municipal e implementada no sistema de apoio à decisão espacial (**Capítulo 6**).

**Objetivo 6:** Resumo das principais conclusões da investigação e respetivas consequências nos processos de tomada de decisão sobre a transformação de uso do solo (**Capítulo 7**).

### 1.3. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

Tendo presente o objetivo principal da tese de desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco e considerando os objetivos específicos enunciados no ponto anterior definiram-se as questões de investigação (Figura 1), sintetizadas no esquema e lista de questões seguintes.

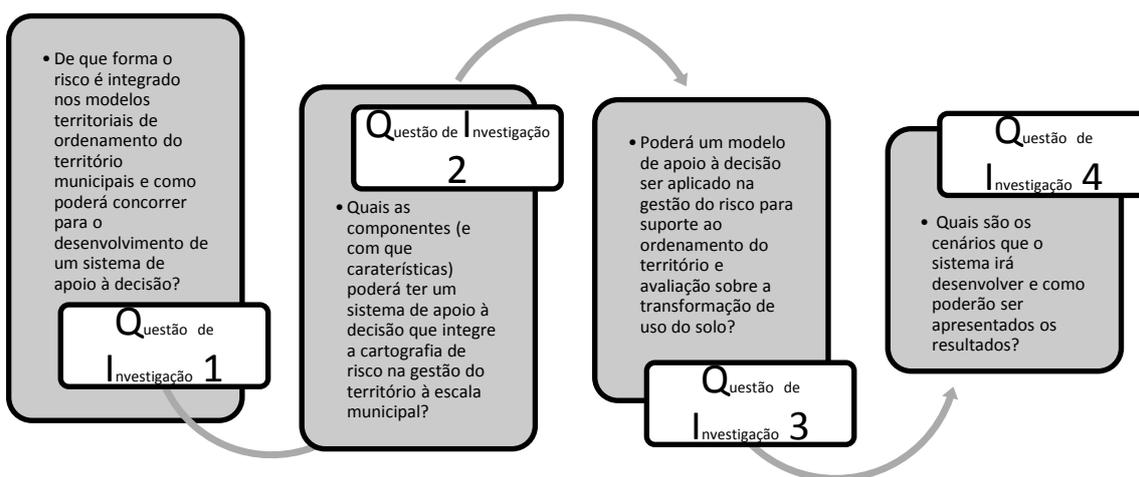


Figura 1 - As questões de investigação

**Questão de Investigação 1:** De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?

**Questão de Investigação 2:** Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?

**Questão de Investigação 3:** Poderá um modelo de apoio à decisão ser aplicado na gestão do risco para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo?

**Questão de Investigação 4:** Quais são os cenários que o sistema de apoio à decisão irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados?

## 1.4. HIPÓTESES

No Quadro 1 podem observar-se as hipóteses associadas às questões de investigação enunciadas no ponto anterior:

Quadro 1 – Questões de investigação e hipóteses

Questões de Investigação	Hipóteses
<b>Questão de Investigação 1</b>	<b>Hipótese 1:</b> Os perigos/riscos incorporados nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais dependem fundamentalmente das obrigações legais e são integrados de forma individual e com uma ligação ao regulamento que se relaciona apenas com as classes de maior perigosidade/suscetibilidade. No contexto do desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão para apoio ao ordenamento do território, os perigos/riscos podem ser integrados de forma articulada, designadamente com as várias dimensões da vulnerabilidade e com ligação a todas as classes.
<b>Questão de Investigação 2</b>	<b>Hipótese 2:</b> O desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território que integre os conceitos associados à análise de risco e governança do risco pode integrar as componentes de conhecimento, gestão do modelo, gestão da base de dados, gestão do interface e dos atores/decisores.
<b>Questão de Investigação 3</b>	<b>Hipótese 3:</b> Através de um sistema de apoio à decisão suportado por um modelo de avaliação de risco qualitativo e quantitativo é possível elaborar cenários que suportem a decisão sobre a transformação do uso do solo.
<b>Questão de Investigação 4</b>	<b>Hipótese 4:</b> A aplicabilidade do sistema de apoio à decisão possibilitará a definição de cenários sobre a situação existente e preditivos considerando como resultado a possibilidade de usos do solo compatíveis.

## 1.5. CONTRIBUTOS DA PESQUISA

O principal contributo científico desta investigação centra-se no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial (SADE), para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo municipal integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos. Para a construção da base de conhecimento do sistema de apoio à decisão espacial este incorporou os conceitos teóricos relacionados com a gestão de riscos, apesar de não ser este o foco da tese e os conceitos relacionados com a governança do risco, designadamente o conhecimento dos atores e a sua influência no processo de decisão e de incorporação do risco na gestão do território.

O contributo da cartografia de perigosidade/suscetibilidade para o ordenamento do território é uma questão comum em trabalhos de investigação de geografia e de outras ciências. Paralelamente a estes contributos, este trabalho procurou relacionar os conceitos associados à

gestão de riscos designadamente a perigosidade/suscetibilidade com as várias dimensões da vulnerabilidade e identificar o seu contributo para o ordenamento do território.

Para além do relacionamento e integração dos conceitos associados à gestão de riscos no desenvolvimento do SADE, o processo de apoio à tomada de decisão teve em consideração os modelos de organização espaciais e a integração da cartografia de risco nas opções de uso do solo municipais, constituindo este ponto um importante contributo científico nesta matéria, face à escassez de estudos na área.

## **1.6. METODOLOGIA**

Considerando o objetivo de desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio à decisão sobre a transformação de uso do solo que integre os conceitos associados à análise e governança do risco, bem como a extensão do assunto, a abordagem metodológica da investigação foi organizada em quatro fases (Figura 2).

A primeira fase (Fase I), correspondente à revisão da literatura, inclui um primeiro ponto onde é apresentado o conceito de sistema de apoio à decisão, as suas componentes, as vantagens/limitações e técnicas de modelação associadas à sua utilização e um segundo ponto onde se analisa o desenvolvimento dos sistemas de apoio à decisão no contexto da gestão do risco e ainda a integração da cartografia de risco no ordenamento do território enquanto componente de desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial.

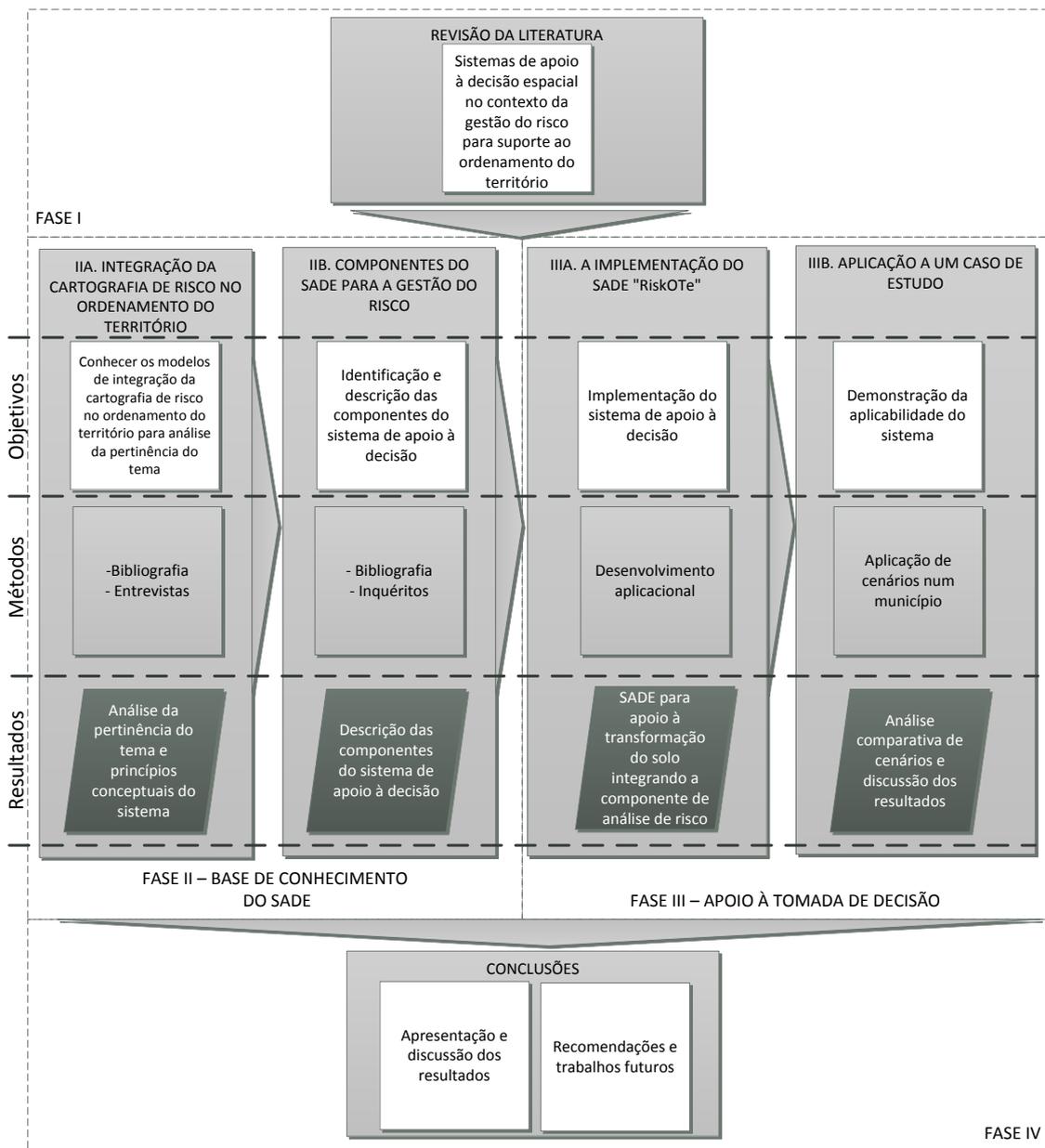


Figura 2- Fases e organização da investigação

A segunda fase da investigação (Fase II), corresponde à construção da base de conhecimento que suporta o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão.

Esta fase integra um capítulo inicial dedicado ao estudo dos modelos de integração da cartografia de risco no ordenamento do território à escala municipal para contextualização da pertinência do tema no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e fundamentação do desenho conceptual do mesmo. Neste contexto e tendo presente o objetivo de diagnóstico da situação existente relativamente às implicações práticas da cartografia de risco na definição do modelo territorial e gestão do território à escala municipal, foram efetuadas um conjunto de entrevistas a dirigentes/técnicos que integraram a cartografia de risco nos seus planos diretores municipais. Estas entrevistas basearam-se num guião de questões (ANEXO I)

realizadas a seis municípios selecionados a partir da identificação nos elementos documentais dos planos diretores municipais de referências sobre a existência de cartografia de risco.

O segundo capítulo desta fase, apresenta as componentes idealizadas para o sistema de apoio à decisão e as relações entre elas. Neste contexto, são analisadas as várias componentes do sistema de apoio à decisão, designadamente: a componente de conhecimento, a componente de gestão do modelo, a componente de gestão de base de dados, a componente de gestão do interface e a componente dos atores/decisores. A análise efetuada para todas as componentes do sistema de apoio à decisão baseou-se maioritariamente em referências bibliográficas. Para a componente de conhecimento foi efetuada uma análise dos modelos de representação dos riscos nos planos de ordenamento do território à escala municipal em Portugal, uma vez que é nesta escala que se propõe o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão. Esta análise baseou-se na avaliação dos perigos/riscos que compõem as cartas/plantas e regulamentos dos planos diretores municipais de 2.ª geração, acedidos a partir do Sistema Nacional de Informação Territorial<sup>1</sup> (SNIT). Sobre a componente dos atores/decisores, para além de explorados os vários níveis de intervenção na gestão dos riscos no contexto português, importa salientar a elaboração de um perfil de governança do risco para os riscos com incidência no ordenamento do território para Portugal. A definição do perfil de governança baseou-se num inquérito disseminado por *e-mail* para atores envolvidos na gestão dos riscos e permitiu direcionar o desenvolvimento da proposta do sistema de apoio relativamente ao processo de tomada de decisão.

A terceira fase da investigação (Fase III) corresponde ao desenvolvimento do sistema de apoio à decisão. O desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial de suporte à transformação de uso do solo integra os conceitos de análise e de governança do risco expostos na fase anterior. O sistema teve como pressuposto a sua utilização na internet, o que resultou na implementação do sistema através de tecnologias de desenvolvimento *web*.

No primeiro ponto desta fase, descreve-se a forma como se assegurou o desenvolvimento/programação e a colocação em funcionamento do sistema de apoio à decisão. Para além dos objetivos, conceitos e metodologia adotada foi analisada a integração de cenários na implementação do sistema de apoio à decisão e explicada a arquitetura técnica e funcional.

O segundo e último ponto desta fase, corresponde à demonstração da aplicabilidade prática do sistema de apoio à decisão a um caso de estudo. Esta aplicação será efetuada com recurso a vários cenários, por forma a testar as capacidades do sistema de apoio à decisão e a comparar os resultados obtidos.

As conclusões estão plasmadas na quarta (Fase IV) e última fase, e nela discutem-se os resultados, são propostas recomendações e sugestões de trabalhos futuros para o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão.

---

<sup>1</sup> Acedido no URL: [http://www.dgterritorio.pt/sistemas\\_de\\_informacao/snit/](http://www.dgterritorio.pt/sistemas_de_informacao/snit/)

## 1.7. ESTRUTURA DA TESE

A tese está organizada em sete capítulos e anexos (Figura 3).

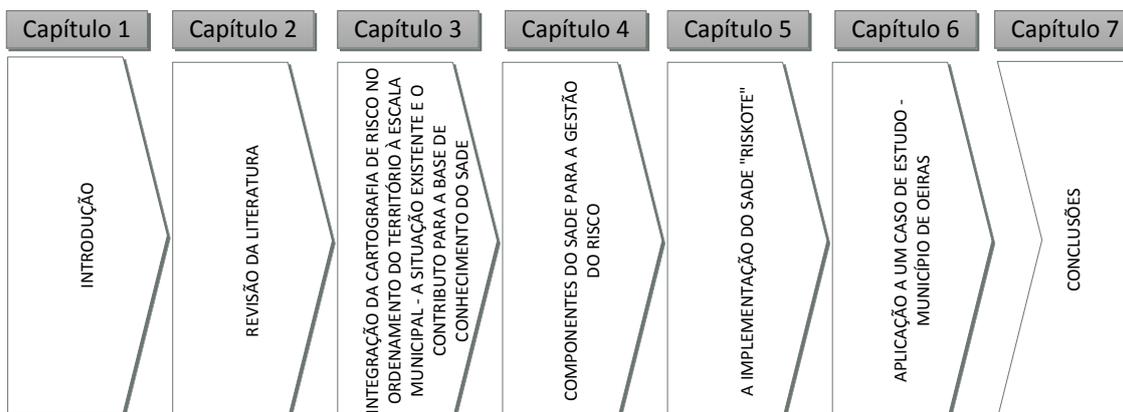


Figura 3- Organização da tese

O capítulo 1, *Introdução*, apresenta a tese. Este capítulo começa pelo enquadramento da tese, definem-se os objetivos gerais da tese, apresentam-se as questões de investigação e respetivas hipóteses, apresentam-se os contributos da pesquisa e as diferentes abordagens metodológicas utilizadas, a estrutura da tese onde se faz uma descrição dos diversos capítulos e finalmente descrevem-se os conceitos adotados na implementação do sistema de apoio à decisão.

O capítulo 2, *Revisão da Literatura*, apresenta o levantamento do “estado da arte” organizado em três subcapítulos: o primeiro, analisa o conceito de sistema de apoio à decisão espacial, as suas componentes e tipologias, bem como as vantagens e limitações dos sistemas de apoio à decisão espacial e termina com a apresentação das principais técnicas de modelação dos sistemas de apoio à decisão espacial. No segundo subcapítulo, é apresentado um levantamento das referências bibliográficas associadas à implementação de sistemas de apoio à decisão na gestão do risco e analisada a integração a integração da cartografia de risco no ordenamento do território.

O capítulo 3, *Integração da Cartografia de Risco no Ordenamento do Território à Escala Municipal – A Situação Existente e o Contributo para a Base de Conhecimento do SADE*, consiste num enquadramento teórico da tese para definição da base de conhecimento do SADE estruturado em quatro subcapítulos. No subcapítulo *O Contributo do Ordenamento do Território na Minimização de Riscos* procurou-se sistematizar como é que ordenamento do território pode de forma efetiva contribuir para a minimização dos riscos. O segundo subcapítulo, corresponde a um enquadramento do risco e ordenamento do território em Portugal, focado no nível municipal, uma vez que é nesta escala que se pretende desenvolver o sistema de apoio à decisão espacial. O subcapítulo seguinte, *A Integração da Cartografia de Risco na Definição do Modelo Territorial e Implicações no Desenvolvimento do SADE*, faz uma análise às práticas dos municípios quanto à forma como a cartografia de risco tem sido considerada nos planos diretores municipais (PDM) de 2ª geração, tendo presente o desenho

conceptual do SADE. No último subcapítulo faz-se uma síntese do capítulo e apresentam-se as principais conclusões.

No capítulo 4, *Componentes do SADE para a Gestão do Risco*, apresentam-se a componentes do SADE, designadamente o seu conteúdo e as relações entre componentes. No primeiro subcapítulo, *A Componente de Conhecimento*, analisa-se o conceito de risco adotado. O segundo subcapítulo, *A Componente de Gestão do Modelo*, corresponde à descrição sobre a opção pela análise multicritério na avaliação de risco e apresenta-se o modelo de transformação do uso do solo adotado. No terceiro subcapítulo, *A Componente de Gestão de Base de Dados*, descrevem-se os temas e tabelas alfanuméricas que farão parte do sistema de apoio à decisão. O quarto subcapítulo, *A Componente de Gestão do Interface*, corresponde à análise sobre as opções e requisitos sobre o canal de interação entre os utilizadores e o sistema. No quinto e último subcapítulo, *A Componente dos Atores/Decisores*, analisa-se o perfil de governança do risco em Portugal e os interesses dos stakeholders na tomada de decisão associada à gestão do risco.

O capítulo 5, *A Implementação do SADE "RiskOTe"*, consiste na apresentação do desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão que integre a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo. O primeiro subcapítulo, *Objetivos e Princípios dos Sistema de Apoio à Decisão*, começa por apresentar o objetivo, os conceitos adotados e a metodologia de análise adotada no SADE, tendo por referência os capítulos que constituem a base de conhecimento do sistema de apoio à decisão. O subcapítulo *A Possibilidade de Definição de Cenários no Sistema de Apoio à Decisão*, explora o desenvolvimento e a tipologia de cenários no sistema de apoio à decisão. O terceiro e último subcapítulo, *Arquitetura Técnica, Funcional e Modelo de Dados do SADE*, apresenta de forma detalhada as opções técnicas que suportaram o desenvolvimento do sistema.

O capítulo 6, *Aplicação a um Caso de Estudo - Município de Oeiras*, consiste na demonstração prática da aplicabilidade do sistema de apoio à decisão a um caso de estudo, correspondente ao município de Oeiras. Os subcapítulos iniciais correspondentes à *Introdução* e *Caso de Estudo* apresentam o município que constitui o caso de estudo e a forma como que será utilizado o sistema de apoio à decisão. O subcapítulo *Metodologia e Unidade Cartográfica de Análise* descreve a metodologia preconizada bem como a unidade cartográfica de análise na determinação da vulnerabilidade, listando-se no subcapítulo seguinte os dados utilizados no desenvolvimento dos cenários. No subcapítulo *Análise Comparativa de Cenários*, enquadram-se os cenários e apresentam-se os resultados obtidos, terminando o capítulo com uma síntese dos resultados e das limitações da metodologia identificadas nos testes realizados.

O capítulo 7, *Conclusões*, começa por um subcapítulo dedicado à avaliação do objetivo da investigação. No subcapítulo seguinte, *Resumo dos Resultados da Investigação*, apresentam-se os resultados obtidos, organizados pelas questões de investigação. O terceiro subcapítulo, *Oportunidades para Desenvolvimentos Futuros/Áreas de Investigação a Explorar*, apresentam-se as limitações do estudo e oportunidades para investigações futuras neste domínio. O último subcapítulo corresponde a um resumo das conclusões.

O texto desta tese conclui-se com os anexos.

## 1.8. CONCEITOS ADOTADOS

Os conceitos listados no Quadro 2 estão associados à análise de risco e governança do risco adotados no desenvolvimento do SADE para apoio à decisão sobre a transformação de uso do solo. Os conceitos adotados correspondem a opções, encontrando-se a discussão sobre os mesmos nos pontos 4.1, 4.2 e 4.5.1 desta tese.

Quadro 2 - Lista dos principais conceitos adotados

Conceito	Descrição	Referência
Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE)	Sistema computacional interativo, desenhado para suportar um utilizador ou grupo de utilizadores na obtenção de uma maior eficácia na tomada de decisão, resolvendo um problema de decisão espacial semiestruturado.	Malczewski (1997)
Ordenamento do Território (OT)	A política de ordenamento do território e de urbanismo define e integra as acções promovidas pela Administração Pública, visando assegurar uma adequada organização e utilização do território nacional, na perspectiva da sua valorização, designadamente no espaço europeu, tendo como finalidade o desenvolvimento económico, social e cultural integrado, harmonioso e sustentável do País, das diferentes regiões e aglomerados urbanos.	Lei n.º 48/98, de 11 de agosto
Risco (R)	É a probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos”, assumindo-se como o produto da perigosidade (P) pela consequência (C) <sup>2</sup> .	Julião <i>et al.</i> (2009)
Análise do Risco	Utilização sistemática de informação para identificar e estimar o risco.	ISO/IEC Guide 73 (2002) Zêzere (2005)
Avaliação do Risco	Processo de comparação do risco estimado relativamente a determinados critérios de risco, para efeitos de determinação da importância do risco.	ISO/IEC Guide 73 (2002) Zêzere (2005)
Governança do Risco	É uma atividade abrangente e inerentemente multidisciplinar que requer a consideração dos contextos legais, institucionais, sociais e económicos em que o risco é avaliado, bem como o envolvimento dos atores e partes interessadas. A governança do risco analisa a complexa teia de atores, regras, convenções, processos e mecanismos envolvidos com a forma como a informação relacionada com o risco é compilada, analisada, difundida, e como as decisões de gestão dos riscos são tomadas.	Renn (2008)
Perigo (P)	Processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto suscetível de produzir perdas dos processos e ações naturais, e danos identificados.	Julião <i>et al.</i> (2009)
Índices consequência (IC)	Os índices consequência compreendem uma medida de vulnerabilidade e exposição.	Lumbroso e Woolhouse (2007)
Vulnerabilidade (V)	Grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade.	Julião <i>et al.</i> (2009)

<sup>2</sup> A componente referente à consequência (C) foi adaptada na implementação do sistema de apoio à decisão através da utilização de índices consequência, conforme explicado no ponto 5.1.3.

Elementos expostos (EE)	População, propriedades, estruturas, infraestruturas, atividades económicas, etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso natural, tecnológico ou misto, num determinado território.	Julião <i>et al.</i> (2009) Westen <i>et al.</i> (2011)
Capacidade de resposta (C)	Capacidade das pessoas, organizações e sistemas, usando as competências e os recursos disponíveis, para enfrentar e gerir as condições adversas, emergências ou desastres.	UNISDR (2009)
Suscetibilidade (S)	Incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área, ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência	Julião <i>et al.</i> (2009)
Riscos naturais	Riscos que resultam do funcionamento dos sistemas naturais.	Julião <i>et al.</i> (2009)
Riscos tecnológicos	Riscos que resultam de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da actividade humana.	Julião <i>et al.</i> (2009)
Riscos mistos	Riscos que resultam da combinação de acções continuadas da actividade humana com o funcionamento dos sistemas naturais.	Julião <i>et al.</i> (2009)

Não obstante, serem adotados um número significativo de conceitos adotados de Julião et al (2009), relativamente ao esquema concetual do Risco, importa notar que estes conceitos não foram concebidos pelos autores, traduzindo as orientações internacionais de referência na literatura internacional, designadamente as provenientes dos Institutos das Nações Unidas (e.g. UNISDR, 2009).

Relativamente às diferentes componentes de vulnerabilidade e índices consequência (física, social, económica e ambiental) utilizadas no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial encontram-se detalhadas nos pontos 4.2.2 e 5.1.2, referente à explicação dos conceitos incorporados no sistema de apoio à decisão espacial.



## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

**Sinopse do capítulo:** O capítulo 2, *Revisão da Literatura*, apresenta o levantamento do “estado da arte” organizado em dois subcapítulos: o primeiro discute o conceito, componentes, vantagens/limitações e técnicas de modelação utilizadas nos sistemas de apoio à decisão espacial, enquanto o segundo foca os sistemas de apoio à decisão espacial enquanto instrumento de gestão do risco e de ordenamento do território. O levantamento efetuado não é exaustivo, encontrando-se direcionado para os trabalhos que exploram a utilização de sistemas de apoio à decisão integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo. Por esse motivo é possível de encontrar vários trabalhos que abordam estas temáticas de forma isolada, que exploram determinada técnica ou direcionados para determinado perigo e que não foram incluídos no texto. Por outro lado, importa também referir que existem diferentes iniciativas institucionais no domínio da minimização da exposição das sociedades ao risco, como é o caso das referências internacionais “*Hyogo Framework for Action 2005-2015*” ou “*Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*”, promovidas pelo UNISDR (*The United Nations Office for Disaster Reduction*) que pelo facto de constituírem orientações desenvolvidas a uma escala macro, não foram propositadamente incorporadas uma vez que é à escala municipal que preferencialmente se desenvolveu esta pesquisa.

**Palavras-chave:** revisão da literatura.

### **2.1.SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO ESPACIAL**

Considerando os conceitos associados à teoria da decisão e a generalidade dos problemas de decisão espaciais, são apresentadas as características dos sistemas de apoio à decisão espacial, tendo como enfoque a categoria de sistemas suportados na Web. A integração de cartografia de risco e de informação geográfica no sistema de apoio à decisão conduz a que o desenvolvimento do sistema assente no conceito de sistema de apoio à decisão espacial (SADE). A opção de desenvolvimento do SADE para utilização na internet (*web*), ou seja, desenvolvidos utilizando tecnologias web HTML, JavaScript e CSS, permite definir a tipologia do sistema como um SADE Web.

#### **2.1.1. O conceito de sistema de apoio à decisão espacial**

Uma decisão corresponde a uma escolha entre uma ou várias opções. A importância da informação geográfica e da localização é reconhecida no apoio à decisão e tem ganho nos últimos anos, com a democratização do acesso web à informação geográfica, via projetos como o Google Maps ou o Bing Maps uma importância acrescida. Simon (1960) sugeriu o processo de apoio à decisão espacial se organizasse em três fases: inteligência, desenho e escolha (Figura 4). Estas fases incluem algumas subfases, podendo estas decorrer de forma linear ou não, dependendo da criação de novo conhecimento no processo ou da reavaliação das opções.



Figura 4 - Processo geral de decisão espacial

Qualquer referência bibliográfica no domínio da história do desenvolvimento dos sistemas de apoio à decisão situa a sua origem temporal na década de 60 (Malczewski, 1997), resultado dos estudos teóricos sobre o processo de tomada de decisão organizacional, desenvolvido no *Carnegie Institute of Technology* e os trabalhos realizados com sistemas computacionais iterativos no *Massachusetts Institute of Technology* (Power, 2007), tendo ganho intensidade a investigação e desenvolvimento dos SAD durante os anos 80 (Cioca e Cioca, 2010).

A evolução dos SAD é hoje associada a quatro fases (Aggarwal, 2001). A primeira apresentou como principal característica estar direcionada para os dados. A segunda fase, focou a sua atenção no desenvolvimento do interface, ou seja, do ambiente de interação entre o utilizador e um sistema informático. A terceira direccionou-se para o desenvolvimento de modelos, enquanto a quarta e última fase, correspondente aos nossos dias, caracteriza-se pelo desenvolvimento aplicacional web, ou seja, sistemas informáticos desenvolvidos para utilização através de um navegador (*browser*) na internet, sistemas distribuídos ou suportados por serviços. Sobre estas fases, podem encontrar-se inúmeras referências que refletem a dinâmica e vitalidade do assunto e que aumentam exponencialmente quando se analisam os sistemas de apoio à decisão espacial.

O conceito de sistema de apoio à decisão espacial (SADE) evoluiu em paralelo com o conceito de sistema de apoio à decisão (SAD) e associado à expansão das capacidades dos sistemas de informação geográfica (SIG) (Malczewski, 1997). Na Figura 5 é possível de observar a evolução dos SAD (Eixo de desenvolvimento SAD), SADE (Eixo de desenvolvimento SADE) e SIG (Eixo de desenvolvimento SIG) e as relações entre os conceitos, assumindo particular relevância nesta tese o conceito de SADE Web, uma vez que constitui o ambiente de desenvolvimento adotado.

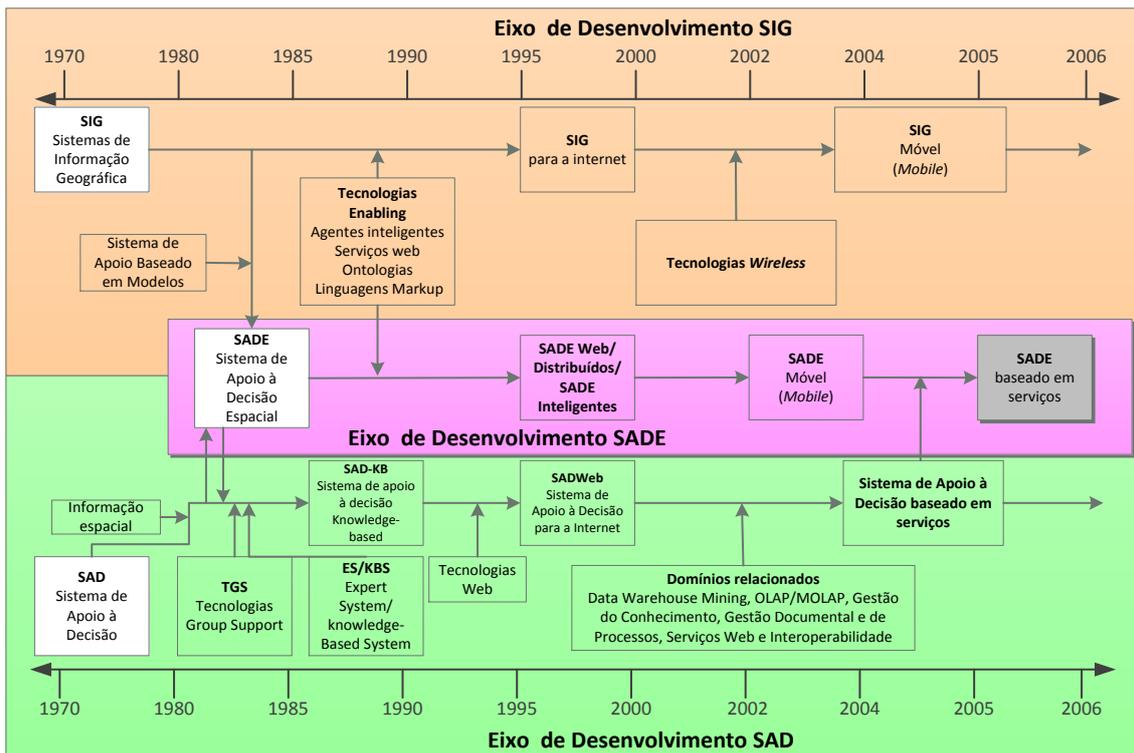


Figura 5 - Progressão do desenvolvimento dos SADE (Adaptado de Sugumaran e Sugumaran, 2005:4)

Os SADE desenvolveram-se inicialmente na década 70. A segunda fase decorreu entre 1990 e 2000 e a terceira e última, após o ano 2000, correspondendo esta à fase de expansão (Sugumaran e DeGroot, 2011).

Relacionando os sistemas de informação geográfica com os sistemas de apoio à decisão, Densham (1991), descreve o conceito de *Spatial Decision Support System* ou Sistema de Apoio à Decisão Espacial como sistemas de informação com capacidade para auxiliar a tomada de decisão com base em dados georreferenciados. Já Malczewski (1997), define um SADE como um sistema computacional interativo, desenhado para suportar um utilizador ou grupo de utilizadores na obtenção de uma maior eficácia na tomada de decisão, resolvendo um problema de decisão espacial semiestruturado. Para o autor, os três termos (problemas espaciais semiestruturados, eficácia e apoio à decisão) resumem a essência do conceito SADE:

- 1) A maioria dos problemas reais de decisão espacial, se não todos, podem categorizar-se entre as decisões completamente estruturadas e não estruturadas; essas decisões são chamadas de semiestruturadas (Figura 6);

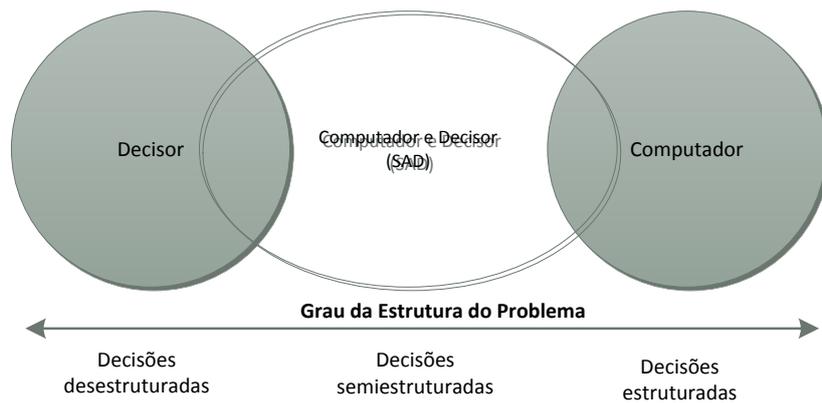


Figura 6 - Grau de estrutura do problema (Adaptado de Malczewski, 1997: 4)

- 2) o objetivo deste sistema é o de melhorar a eficácia, e não a eficiência do processo de tomada de decisão; a efetivação é alcançada com a incorporação dos julgamentos do decisor e programas informáticos para o processo de tomada de decisão;
- 3) o sistema ajuda os utilizadores a explorar o problema de decisão de forma interativa e recursiva em todas as fases do processo de tomada de decisão.

Para Cioca e Cioca (2010) as principais características de um sistema de apoio à decisão são:

- reduzir os esforços, amplificando a capacidade dos decisores, onde o objetivo não é substituí-los ou transformá-los em meros agentes que adotam soluções mecanicamente fornecidas pelo computador;
- tem a finalidade de abordar os problemas semiestruturados, nos quais seções do esforço de análise podem ser informatizadas, continuando os decisores a usar o seu próprio raciocínio para controlar o processo de decisão.

A essência dos SADE inclui um conjunto de características (Sugumaran e DeGroot, 2011) que se podem observar na Figura 7, apresentando-se estas como uma agregação das principais características dos SAD e dos SIG.



Figura 7 - Características dos SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 15)

As várias definições de sistemas de apoio à decisão, acompanham a evolução das últimas décadas e traduzem as várias perspetivas. As mais recentes, definem os sistemas de apoio à decisão espaciais (SADE) como uma combinação das funcionalidades dos SIG, técnicas de deteção remota, modelos matemáticos e outras funcionalidades de suporte à decisão (Sugumaran e DeGroot, 2011; Eissa, 2013).

Não constitui objetivo deste ponto da investigação apresentar a evolução, analisar o conceito ou discutir em detalhe a componente teórica dos SADE, uma vez que se trata de um assunto de largo espectro, discutido e apresentado em vários trabalhos de investigação, constituindo no contexto desta investigação o suporte teórico para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial suportado na web e direcionado para a gestão do risco. Não obstante os vários conceitos existentes, para efeitos da tese será adotado o conceito de SADE de Malczewski (1997), conforme descrito no ponto 1.8.

### 2.1.2. Componentes e tipologias dos SADE

Sobre os componentes dos SADE, Malczewski (1997) identifica o Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD) que contém as funções para gerir a base de dados geográficos; o Sistema de Gestão do Modelo de Base (SGMD) contém as funções para gerir o modelo de base e o Sistema de Gestão e Geração de Diálogos (SGGD), gere a interface entre o utilizador e o resto do sistema (Figura 8).

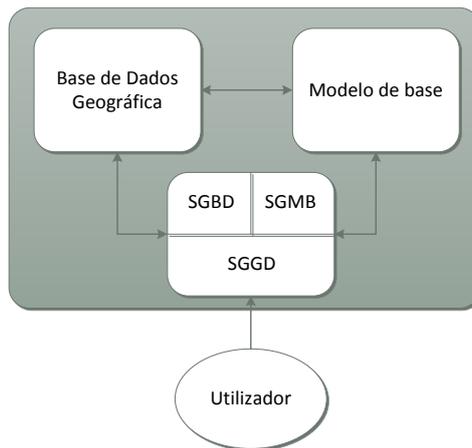


Figura 8 - Componentes de um SADE (Adaptado de Malczewski, 1997: 4)

Na literatura sobre os SADE, o número e a explicação sobre os seus componentes é variada e de largo espectro. Quando o foco se centra sobre as componentes dos sistemas de apoio à decisão para a *web*, o trabalho de Sugumaran e Sugumaran (2005) constitui uma referência incontornável. Sobre a representação esquemática do que deverá ser um WebSADE os autores incluem um sistema de informação geográfica baseado na *web* para efeitos de visualização e análise da informação geográfica, para além de integrarem vários componentes, como interfaces em HTML, scripts para a *web*, modelos computacionais e bases de dados geográficas (Figura 9).

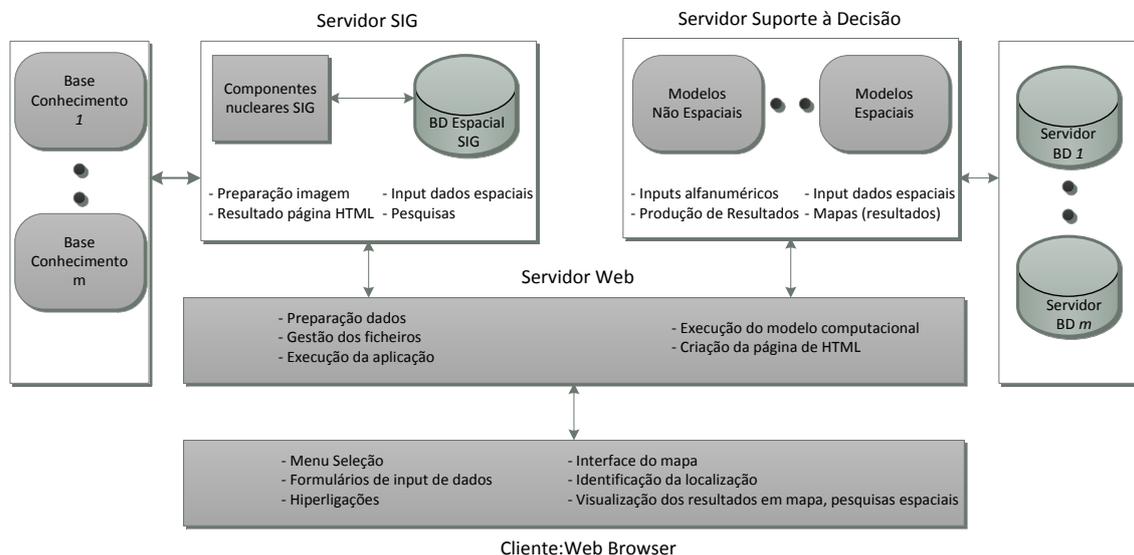


Figura 9 - Representação esquemática de um WebSADE (Adaptado de Sugumaran e Sugumaran, 2005: 10)

O servidor de suporte à decisão presente na Figura 9 pode conter as regras que permitem ao utilizador seleccionar o tipo apropriado de modelo a ser utilizado, conter procedimentos, regras ou constrangimentos que possam ser relevantes para o problema em análise. O interface WebSADE inclui formulários e ferramentas que permitirão enviar para o servidor web através

do protocolo http as tarefas solicitadas, devolvendo à posteriori os resultados ao cliente ou utilizador.

Os WebSADE são tradicionalmente constituídos através de uma relação cliente/servidor por três camadas em tudo semelhantes às arquiteturas WebSIG, descritas por Peng e Tsou (2003). Estas três camadas consistem genericamente na camada cliente, na camada intermédia e na camada de armazenamento de dados. A camada cliente consiste sinteticamente no interface do utilizador com o sistema, materializada num acesso através de um navegador de internet (*browser*), como por exemplo o Internet Explorer, o Mozilla Firefox, o Safari ou o Google Chrome. A camada intermédia, também designada na literatura como *middleware*, consiste principalmente no servidor Web (ex. IIS, Apache) e todos os serviços que permitem efetuar a comunicação entre o servidor e o cliente. No contexto dos WebSADE e dos WebSIG, em geral, a camada intermédia inclui também um servidor de mapas que permite aceder aos dados geográficos, visualizá-los, bem como efetuar análises e geoprocessamentos. São exemplos de servidores de mapas o Geomedia Map Server, Autodesk Map Guide, ArcGIS Server o GeoServer ou o MapServer. A camada de dados consiste, em geral, numa base de dados que permite o acesso e a manipulação dos dados armazenados, sejam eles geográficos ou não. No contexto dos WebSADE e dos WebSIG, a maioria dos SGBD, comerciais e *opensource*, permitem o armazenamento de dados espaciais, como por exemplo o Oracle Spatial ou o Postgres/Postgis.

Quando se sistematizam as diferentes abordagens aos SAD, as possibilidades são variadas e dependem do facto da abordagem ser ao nível conceptual, ao nível do utilizador, ao nível da arquitetura ou mesmo ao nível técnico. Ao nível conceptual, Power (2007), identifica seis categorias de SAD:

1. SAD Orientados a Modelos;
2. SAD Orientados a Dados;
3. SAD Orientados a Documentos;
4. SAD Orientados à Comunicação;
5. SAD Orientados à Inteligência Artificial;
6. SAD Suportados pela Web.

Com particular relevância para a presente investigação, importa destacar os SAD suportados pela Web, enquanto sistema computacional que disponibiliza o ambiente e as ferramentas de apoio à decisão aos utilizadores através de um Web browser, que permite sobre uma ligação TCP/IP<sup>3</sup> o acesso ao servidor ou servidores onde está a camada de dados e a camada aplicacional. Mais recentemente os SAD distribuídos, constituem a tendência evolutiva dos SADE, materializada na utilização de dispositivos móveis como *smart phones* ou *tablets pc*.

### 2.1.3. Vantagens e limitações dos SADE

Sterlachiny e Arcaini (2013) identificam as seguintes vantagens dos sistemas de apoio à decisão:

1. Melhoram a eficiência pessoal;

---

<sup>3</sup> O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação entre computadores onde a sigla TCP corresponde a *Transmission Control Protocol* (Protocolo de Controle de Transmissão) e IP a *Internet Protocol* (Protocolo de Internet).

2. Melhoram o tempo de resposta na tomada de decisão;
3. Aumentam o controlo organizacional e de gestão;
4. Promovem a exploração e descoberta por parte do decisor;
5. Melhoram o tempo de resposta organizacional;
6. Facilitam a comunicação interpessoal;
7. Promovem a aprendizagem e formação;
8. Geram novas evidências como suporte à decisão;
9. Criam vantagens competitivas;
10. Revelam novas abordagens no raciocínio sobre problemas geográficos;
11. Apoiam a gestão automatizada de processos;
12. Criam ideias inovadoras para aumentar a performance;
13. Resolvem problemas não estruturados e semiestruturados;
14. Aumentam a adaptabilidade e flexibilidade.

Sobre as limitações, Cioca e Cioca (2010), apresentam as seguintes:

1. O sistema carece de traços humanos: a criatividade, a intuição, a imaginação, responsabilização ou o instinto de autopreservação;
2. Devido a limitações de *hardware* e *software*, pode haver consequências que levam a qualidades insuficientes (em relação a correção e integridade) de conhecimento acumulado dentro do sistema e das possibilidades limitadas de comunicação entre os decisores e os SAD;
3. A fim de ser eficaz e eficiente, o sistema deve ser projetado com uma finalidade, para de terminada utilização e um tipo específico de decisão relativa a problemas;
4. O SAD é concebido como um componente do sistema de computador, da qual derivam os dados necessários, pelo que pode haver problemas de compatibilidade entre os sistemas computacionais;
5. Questões e problemas relacionados com o significado de certos aspetos terminológicos dos SAD podem surgir por causa das diferenças culturais entre programadores e utilizadores;
6. Se a documentação do sistema é pesada ou mal estruturada, este pode ser utilizado apenas parcialmente, podendo surgir questões terminológicas.

#### **2.1.4. Técnicas de modelação dos SADE**

As classificações das técnicas de modelação dos SADE, variam em função da perspetiva adotada e incluem vários modelos. Sugumaran e DeGroot (2011) classificam as técnicas de modelação dos SADE em modelos genéricos, ou seja, modelos teóricos aplicáveis em qualquer sistema e em modelos aplicativos dedicados, desenhados para situações específicas ou para representar processos antrópicos, biológicos, químicos ou físicos que ocorrem no mundo real. Apesar de não constituir uma lista exaustiva de técnicas, os autores apresentam uma lista de técnicas, categorizadas nas abordagens multicritério e nas abordagens por métodos de inteligência artificial, tendo em consideração a sua importância para a implementação dos sistemas de apoio à decisão espacial (Figura 10).

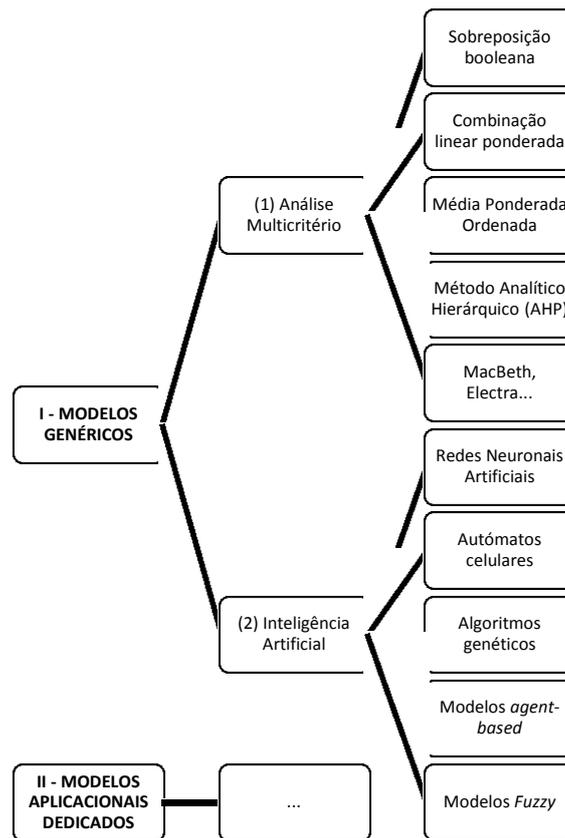


Figura 10 - Classificação das técnicas de modelação dos SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 146)

Na categoria dos métodos multicritério são apresentadas várias técnicas, designadamente a sobreposição booleana, a combinação linear ponderada, o método analítico hierárquico ou a média ponderada ordenada. Em qualquer destas técnicas o principal objetivo prende-se com a quantificação da importância relativa de cada um dos critérios. Para uma descrição extensiva sobre as classes de operadores para a combinação de critérios, continuam atuais os trabalhos de Eastman (1999) e Malczewski (1999), onde são pormenorizadas as diferentes componentes de análise multicritério espacial (Figura 11).

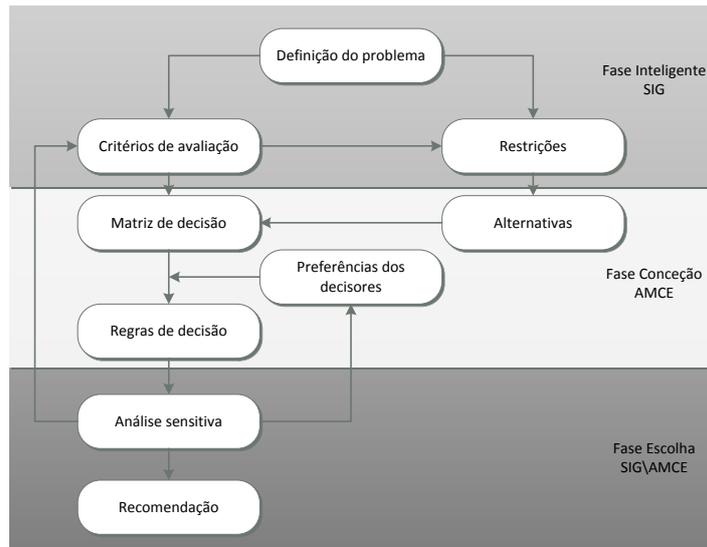


Figura 11 - Esquema de Análise Multicritério Espacial (Adaptado de Malczewski, 1999)

Na categoria dos métodos baseados na inteligência artificial são descritos por Sugumaran e DeGroot (2011) as redes neurais artificiais, os autómatos celulares, os algoritmos genéticos, os modelos *agent-based* e a modelação *fuzzy*. Apesar de não constituírem técnicas exclusivas dos SADE, são utilizadas em vários SADE e em trabalhos de investigação em Geografia como é o exemplo de Rocha (2012).

## 2.2. OS SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO NA GESTÃO DO RISCO PARA SUPORTE AO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

O objetivo desta secção centra-se na pesquisa da literatura que contribuiu para o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão que integram a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo.

Esta secção encontra-se estruturada em dois pontos. O ponto refere-se ao desenvolvimento dos sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos. Pelas relações com o ponto anterior e pertinência no desenvolvimento dos sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos e orientados para o ordenamento do território, o segundo ponto aborda a questão da gestão dos riscos e a pertinência da integração da cartografia de risco no ordenamento do território.

### 2.2.1. Os Sistemas de Apoio à Decisão na Gestão do Risco

As aplicações de sistemas de apoio à decisão espacial são diversas e em vários domínios. Uma pesquisa rápida com base na biblioteca de conhecimento B-On com o termo “*decision support systems*” devolve mais de 70000 registos nos mais variados domínios de conhecimento. Por exemplo, no domínio do ambiente é possível encontrar na literatura vários trabalhos (Pizzol, 2009), associados às várias fases evolutivas dos SADE, constituindo em Portugal, o trabalho de investigação de Cabral (2001) um bom exemplo nesta matéria. Sobre o desenvolvimento histórico dos sistemas de apoio à decisão, o trabalho de compilação de 534 referências

bibliográficas de Cioca e Filip (2015) entre os anos de 1947 e 2007, constitui uma referência incontornável.

Quando efetuamos uma pesquisa na biblioteca de conhecimento B-On com os termos “*decision support systems risk management spatial planning*” ou “*decision support systems risk management land use*” o número de registos não ultrapassa os 365. Este baixo número de registos devolvidos pela pesquisa permite caracterizar a aplicação dos SADE ao domínio da gestão dos riscos como um assunto com uma expressão relativamente reduzida.

Apesar da sua reduzida expressão a aplicação dos SADE ao domínio da gestão dos riscos não é recente. O desenvolvimento inicial de sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos é atribuído por Newman *et al.* (2014) aos trabalhos de Belardo *et al.* (1984a), Belardo *et al.* (1984b) e Wallace and Debalogh (1985).

Os trabalhos de Belardo *et al.* (1984a) e Belardo *et al.* (1984b) fazem salientar a importância da flexibilidade no desenvolvimento de *software*, a eficácia dos sistemas computacionais e a possibilidade da simulação de eventos no apoio à decisão na gestão de catástrofes. Wallace e Debalogh (1985) consideram o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão que integra as fases do ciclo de catástrofe, designadamente a preparação, mitigação, resposta e recuperação e uma descrição pormenorizada dos componentes do sistema, o que pela referência temporal e conteúdo constitui um marco na literatura.

O Quadro 3 sintetiza as principais referências bibliográficas, nos últimos 20 anos, ordenadas cronologicamente, extraídas de artigos de revistas científicas, teses ou projetos de investigação e que consideram sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos.

Quadro 3 - Referências sobre sistemas de apoio à decisão na gestão de riscos

Referência	Tipo	Título	Resumo
Zanuttigh, <i>et al.</i> (2014)	A	THESEUS decision support system for coastal risk management	Apresenta um Sistema de Apoio à Decisão Espacial open-source desenvolvido no âmbito do projeto THESEUS para ajudar os decisores a selecionar as estratégias ideais para minimizar os riscos costeiros. A ferramenta permite aos utilizadores executar uma avaliação de risco costeiro integrada, para analisar os efeitos de diferentes combinações de engenharia, sociais, económicas e opções de mitigação com base ecológica, através de cenários de curto (década de 2020), médio (2050) e longo prazo (2080), tendo em conta variáveis físicas e não físicas, tais como as alterações climáticas ou o crescimento populacional e económico.
Olyazadeh, <i>et al.</i> (2013)	A	Development of a prototype for Spatial Decision Support System in risk reduction based on open-source web-based platform	Apresenta um sistema de apoio à decisão espacial modular, aplicado à minimização de riscos. Os módulos que constituem o sistema são o módulo de <i>inputs</i> , o módulo do risco, o módulo de visualização e o módulo de decisão. Paralelamente, o sistema integra no módulo de decisão uma componente de análise multicritério para avaliar as opções alternativas mais adequadas.
Steazar, <i>et al.</i> (2013)	A	Comparison of risk-based decision-support systems for brownfield site rehabilitation: DESYRE and SADA applied to a Romanian case study	Apresenta um estudo comparativo entre dois sistemas de apoio à decisão, nomeadamente o SADA (Spatial Analysis and Decision Assistance) e DESYRE (Decision Support System for the Requalification of Contaminated Sites), com o objetivo principal de mostrar os benefícios do uso sistemas de apoio à decisão aos diferentes interessados envolvidos no processo de tomada de decisão. Para este efeito, uma ex-fábrica de automóveis localizada na área de Brasov, Roménia Central, contaminados por metais pesados e hidrocarbonetos, foi utilizada como caso de estudo para aplicar os dois sistemas.

<b>Yang, et al. (2012)</b>	A	An intelligent Decision Support System for Typhoon Disaster Management	Os autores apresentam um sistema de apoio à decisão para avaliação dos danos associados a tufões. O sistema avalia os danos antes, durante e após a passagem do tufão, propondo medidas de mitigação e estratégias de resposta ao evento. No artigo também é apresentada a arquitetura do sistema, a base de dados ou os métodos de avaliação de danos.
<b>Tacnet, et al. (2012)</b>	A	Decision Support Tools for Natural Hazards Management Under Uncertainty New Approaches Based on Multicriteria Decision Analysis And Evidential Reasoning	São apresentadas duas metodologias relacionadas com o desenvolvimento de apoio à decisão dedicada à gestão de riscos. Em primeiro lugar, um método global para analisar um problema de decisão multicritério é apresentado no contexto da análise dos troços de estrada críticos expostos a perigos naturais. Em segundo lugar, é descrito o ER-MCDA (Evidential Reasoning – Multicriteria decision analysis) que associa os princípios do Processo de Análise Hierárquica (AHP) e novas teorias de incerteza, como Fuzzy Sets, Possibility e teoria das funções Belief.
<b>Honghai e Altinakar (2011)</b>	A	A GIS-based decision support system for integrated flood management under uncertainty with two dimensional numerical simulations	Com base em dados de deteção remota e informação censitária os autores propõem um sistema de apoio à decisão direcionado para a avaliação das consequências de cheias.
<b>Cioca e Cioca (2010)</b>	A	Decision Support Systems used in Disaster Management	Neste texto, dedicado à utilização de sistemas de apoio à decisão na gestão de catástrofes, os autores apresentam na introdução uma breve história dos sistemas de apoio à decisão, definições, características, funções, classificações e as vantagens e limitações associadas à utilização de sistemas de apoio à decisão. O capítulo central do texto consiste na apresentação de um estudo de caso dedicado ao desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para a gestão de catástrofes. Para além de todos os detalhes técnicos, o projeto descrito tem como principais objetivos: alertar a população através de um sistema de alerta de cheias rápidas, a recolha de dados e envio para as instituições responsáveis bem como para a população na área afetada.
<b>Mirfenderesk (2009)</b>	A	Flood emergency management decision support system on the Gold Coast, Australia	O autor apresenta um Sistema de Apoio à Decisão (DSS) desenvolvido em <i>Gold Coast</i> , na Austrália, para ajudar em situações de pré e pós-desastre de cheias. O sistema possibilita a modelação de cheias e inundações, bem como informações cadastrais, sobre as infraestruturas e as populações. Como medida de pós-desastre permite identificar a população vulnerável e ajudar na evacuação da população em risco.
<b>Pizzol (2009)</b>	T	Spatial and Regional Risk Assessment in Decision Support Systems For Environmental Risk Management	É desenvolvida uma metodologia de avaliação de risco de contaminação dos solos à escala regional e local. O objetivo final da metodologia desenvolvida é apoiar a formulação de planos de recuperação ambiental, suportada pela implementação do sistema de apoio à decisão para a requalificação dos locais contaminados chamado DESYRE e aplicado ao estudo de caso Porto Marghera.
<b>Cioca, et al. (2007)</b>	A	Spatial [Elements] decision support system used in disaster management	Os autores apresentam a necessidade de utilização de sistemas de apoio à decisão no contexto da minimização de riscos e discutem a utilização de tecnologias de informação, incluindo modelos e sistemas de informação geográfica no suporte à avaliação de risco e apoio a decisões como a localização de equipamentos públicos.
<b>Bonazuntas, et al. (2007)</b>	A	A decision support system for managing forest fire casualties	São apresentados os resultados duma investigação sobre o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para gestão dos incêndios florestais na Grécia. O sistema fornece uma série de ferramentas de <i>software</i> para a avaliação da propagação e combate a incêndios florestais com base no processamento semiautomático de imagens de satélite, modelação de risco socioeconómica e modelos probabilísticos que constituem uma ferramenta para prevenção de incêndios florestais, planeamento e gestão.

<b>Linder e Prater (2007)</b>	A	A hurricane evacuation management decision support system (EMDSS)	Os autores propõem um Sistema de Apoio à Decisão para Gestão de Evacuações em caso de Tufões para as autoridades locais decidirem como e quando iniciar o processo de evacuação das áreas em risco.
<b>Menoni et al. (2006)</b>	R	Harmonised hazard, vulnerability and risk assessment methods informing mitigation strategies addressing land-use planning and management	Consiste num entregável do projeto europeu Armonia, onde se apresenta a estrutura do sistema de apoio à decisão desenvolvido para gestão do risco e suporte às estratégias de mitigação no contexto da gestão e ordenamento do território. O objetivo passa pelo desenvolvimento de uma ferramenta harmonizada de apoio à decisão que garanta que as decisões de planeamento sejam informadas sobre os perigos que afetam determinado território, a vulnerabilidade dos diferentes usos do solo, as populações (tendo em conta as principais características sociais) e as opções que estão disponíveis para mitigar os riscos. A estrutura do sistema envolve a utilização de matrizes de risco, tendo sido concebido de forma a ser flexível e adaptável às necessidades locais das diferentes autoridades de ordenamento do território nos diferentes Estados da União Europeia (UE).
<b>Power (2006)</b>	A	A Spatial Decision Support System For Mapping Bushfire Hazard Potential Using Remotely Sensed Data	Descreve um método proposto para o mapeamento do potencial de perigosidade de incêndio florestal. A análise dos dados baseia-se num sistema de apoio à decisão espacial utilizando avaliação multicritério (MCE) e combinação linear ponderada (WLC) para produzir um mapa de perigosidade de alta resolução. O sistema de apoio à decisão espacial descrito resulta num produto cartográfico de alto detalhe adequado para a identificação de propriedades e ativos em risco de incêndio florestal.
<b>Ahmad e Simonovic (2006)</b>	A	An Intelligent Decision Support System for Management of Floods	Os autores apresentam um sistema de apoio à decisão para apoio à gestão das cheias, implementado na bacia hidrográfica do <i>Red River</i> , no Canadá. O sistema apresentado tem como finalidade: selecionar as opções de minimização de danos causados pelas; previsão de inundações (usando uma abordagem apoiada em redes neurais); modelação do funcionamento das estruturas de controlo de inundações; e descrição dos impactos (área inundada e danos) de inundações no tempo e no espaço.
<b>Hicham (2005)</b>	T	Gestion des risques naturels : Une approche fondee sur l'integration des donnees	São apresentados exemplos de sistemas desenvolvidos para lidar com os aspetos de gestão de riscos, tais como: evacuação de pessoas em risco no caso de avalanches (sistema EMMA), a organização de informações e documentos relativos a gestão de riscos (sistema SysPPR) e o sistema GeoInfo que permite a estruturação e organização de informação do subsolo, o seu tratamento e exploração.
<b>Gheorghe e Vamanub (2004)</b>	A	Decision support systems for risk mapping: viewing the risk from the hazards perspective	Com base em mapas de risco são apresentados resultados de cálculos de risco relativos a operações da indústria nuclear ou química com recurso a sistemas de informação geográfica. Paralelamente os autores enfatizam a utilização de sistemas de apoio à decisão enquanto abordagem na preparação de situações de emergência, problemas ambientais, entre outras.
<b>Simonovic e Carson (2003)</b>	A	Flooding in the RedRiver Basin - Lessons From Post Flood Activities	Após uma catástrofe associada a uma cheia os autores desenvolveram o Sistema de Apoio à Decisão Red River Basin que incluía o acesso a uma base de dados, modelos descritivos e preditivos, um sistema de informação geográfica, métodos para envolver os atores na gestão da bacia hidrográfica e serviços/ferramentas de vigilância.
<b>Contini et al. (2000)</b>	A	A computer-based system for risk management support - The use of geographic information systems in major accident risk assessment and management	Discute a utilização de sistemas de informação geográfica na gestão e controlo dos riscos de acidentes industriais, no contexto da Diretiva SEVESO.

A: Artigo; T: Tese; R: Relatório

Apesar de não constituir uma lista exaustiva de referências, devido ao facto de existirem vários artigos publicados em revistas ou jornais de diferente natureza, é possível encontrar vários exemplos de sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos aplicados a diferentes fenómenos como é o caso nos incêndios florestais de Power (2006) ou Bonazuntas (2007), o caso das cheias de Simonovic e Carson (2003), Ahmad e Simonovic (2006), Mirfenderesk (2009), Cioca e Cioca (2010) ou Honghai e Altinakar (2011), o caso de Linder e Prater (2007) e Yang *et al.* (2012) focados nos tufões ou o exemplo recente dedicado à erosão costeira de Zanuttigh *et al.* (2014). Mas também no campo dos riscos tecnológicos existem várias referências como é o caso de Peckam *et al.* (1988), Contini *et al.* (2000), Gheorghe e Vamanub (2004) ou Stezar (2013). Pelo seu foco na componente tecnológica e/ou metodológica os trabalhos de Tacnet *et al.* (2012), Olyazadeh *et al.* (2013) e Nefeslioglu *et al.* (2013) constituem referências que evidenciam os recentes desenvolvimentos na área. Também no campo da proteção civil e do planeamento de emergência existem projetos de sistemas de apoio à decisão. O recente projeto italiano SISTEMATI, financiado pelo governo regional da Lombardia tem como objetivo o desenho e implementação de uma infraestrutura de dados espaciais que permita o apoio à decisão à escala municipal e intermunicipal (Sterlacchini e Arcaini, 2013). O sistema de apoio à decisão do projeto SISTEMATI tem como objetivos a elaboração de cenários de perigosidade e de risco, implementação de ferramentas de armazenamento de dados e de metadados, definição de *workflows* nas atividades de preparação, resposta e socorro e implementação de um sistema de comunicações de emergência estando dessa forma focado nas atividades da proteção civil.

No domínio das teses e projetos de investigação importa destacar o trabalho de Hicham (2005), que teve como objetivo a apresentação de uma metodologia de conceção de um sistema de informação para a gestão de riscos naturais. No seu trabalho foi dada especial atenção ao problema da heterogeneidade de dados a integrar no desenvolvimento de um sistema. Este problema foi tratado pelo autor através do desenvolvimento de uma ontologia para representação dos conceitos e relações necessárias para a gestão dos riscos e do desenvolvimento de uma metodologia para integração dos dados geográficos e alfanuméricos.

Neste trabalho são apresentados sistemas de apoio à decisão que abordam a gestão dos riscos em diferentes aspetos, como por exemplo, a evacuação de pessoas em caso de avalanche (sistema EMMA), a organização e a gestão de documentos relativos à gestão de riscos (sistema SysPPR), e o sistema GéolInfo que permite a estruturação e organização de informação geográfica, bem como a sua exploração.

A aplicação dos SADE na gestão do risco aplicado ao contexto do ordenamento do território é escassa, constituindo o SADE desenvolvido no âmbito do projeto ARMONIA um desses exemplos. O projeto de investigação financiado pela UE designado por ARMONIA (*Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, 6<sup>th</sup> Framework Programme*), teve por objetivo o desenvolvimento de uma nova abordagem para produção de cartografia multirisco tendo presente a definição de procedimentos mais eficazes de ordenamento do território em áreas propensas a catástrofes naturais na Europa. Neste contexto, Menoni *et al.* (2006) conceberam um modelo de decisão que foi a base para uma ferramenta de suporte que ajudasse a garantir que as decisões de planeamento fossem plenamente informadas sobre os riscos que afetam os territórios, a vulnerabilidade de diferentes usos do solo e das populações

(tendo em conta os principais fatores sociais) e as opções que estão disponíveis para mitigar os riscos (*Deliverable 5.1*). O objeto de análise do modelo será um plano, local ou regional, que define usos do solo e a localização de equipamentos e infraestruturas estratégicas, distinguindo Menoni *et al.* (2006), no processo de análise o uso urbano do uso natural/ rural, uma vez que correspondem na maioria dos planos a diferentes situações jurídicas (Figura 12).

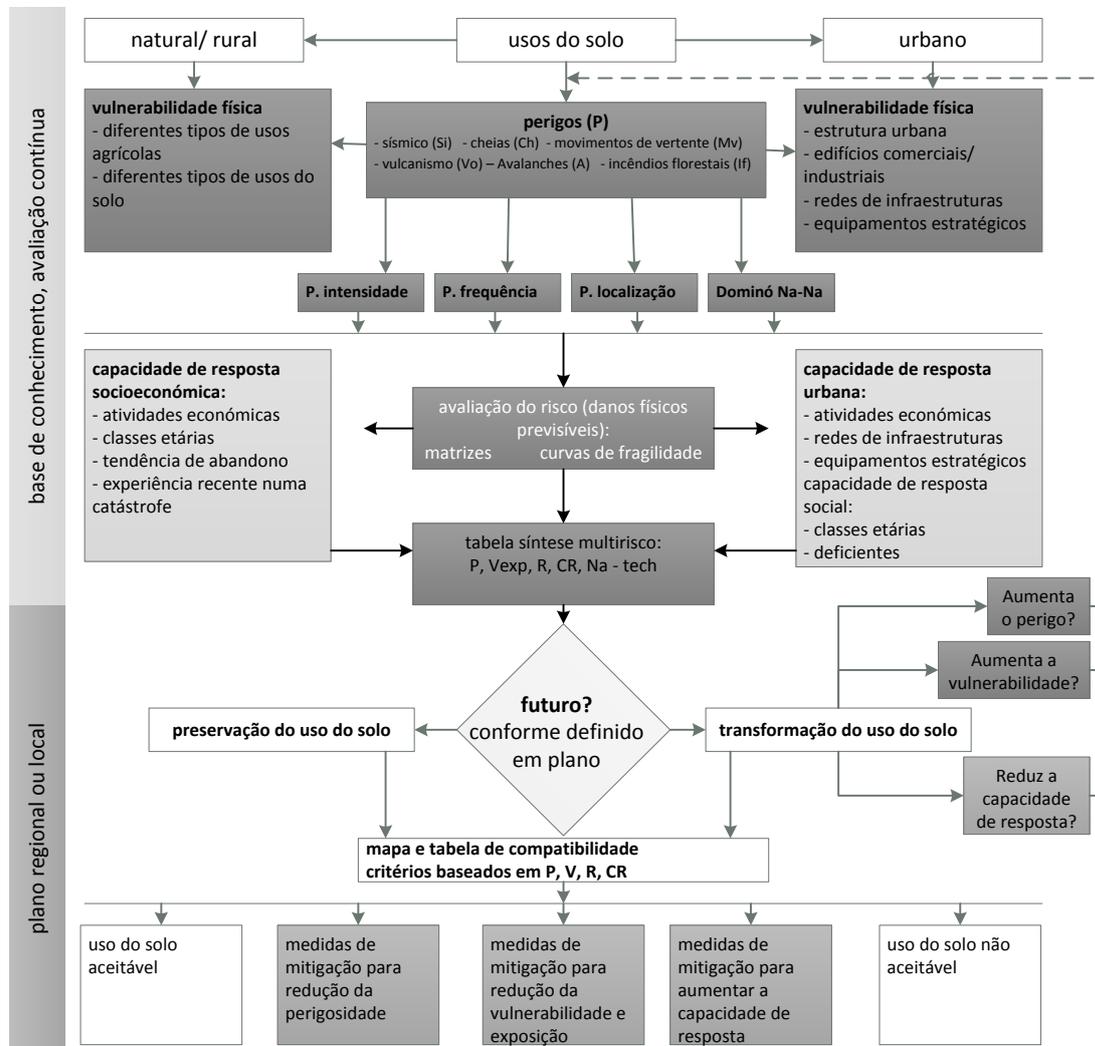


Figura 12 - Estrutura da ferramenta de apoio à decisão na gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território (Adaptado de Menoni *et al.*, 2006: 23)

Na segunda componente do modelo são considerados os perigos naturais de acordo com o âmbito do projeto e paralelamente a vulnerabilidade física associada ao contexto urbano ou natural/ rural. Para os perigos em análise deverão ser considerados, de acordo com o modelo, quatro macro-fatores designadamente, intensidade, frequência, localização e possibilidade de encadeamento de consequências. O passo seguinte consiste na avaliação de risco e dos danos expectáveis, considerando para tal as curvas de fragilidade desenvolvidas em estudos das diferentes disciplinas ou matrizes de risco que suportem a análise da probabilidade e gravidade dos fenómenos.

Partindo do pressuposto que a vulnerabilidade física não cobre todos os aspetos relacionados com a complexidade urbana e socioeconómica, os autores integraram no modelo o conceito de “*socio-economic and urban coping capacity*”, ou seja, a capacidade das pessoas, organizações e sistemas, utilizando os conhecimentos e recursos disponíveis, para enfrentar e gerir condições adversas, desastres graves ou catástrofes (UNISDR, 2009). Com base nos conceitos de perigo, vulnerabilidade, risco e capacidade de resposta, é proposto pelos autores, a elaboração de uma matriz síntese multirrisco que permita avaliar alterações futuras do uso do solo. A avaliação proposta varia entre a manutenção do uso ou a sua transformação. No caso da opção residir na transformação e analisando em que medida o novo uso do solo vai aumentar ou diminuir as atuais condições de perigosidade, vulnerabilidade e capacidade de resposta, os autores propõem uma reavaliação de todo o processo. Por último, as consequências da alteração do uso do solo ou preservação dos fatores de risco devem passar por uma espécie de avaliação de compatibilidade, para decidir se eles podem ser considerados aceitáveis, inaceitáveis, ou se algumas medidas deverão ser postas em prática para mitigar riscos e/ ou vulnerabilidades e ou melhorar a capacidade de resposta.

### **2.2.2. Gestão dos Riscos e Integração da Cartografia de Risco no Ordenamento do Território**

Sobre o tema dos modelos de gestão do risco, é possível encontrar várias referências (Shortreed *et al.*, 2003) que apresentam, analisam e discutem os modelos de gestão do risco de vários países, designadamente no Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Japão ou Inglaterra. Sobre a relação entre ordenamento do território com a gestão preventiva dos riscos existem também vários trabalhos que definem mecanismos de integração entre as duas temáticas. A este respeito a *Emergency Management Australia* (EMA), publicou em 2002, um conjunto de linhas orientadoras para apoiar a integração do ordenamento do território com a gestão preventiva dos riscos naturais (EMA, 2002). O processo de integração proposto pela EMA compreende três fases (Figura 13):

1. Contexto do ordenamento e planeamento do território. Compreende as duas primeiras fases do processo de gestão do risco que consistem na definição do contexto e na identificação dos riscos. Nesta fase está incluída a análise do quadro legislativo, normativo e político, os planos existentes, recursos disponíveis e avaliação dos impactos dos decisores.
2. Estratégia de ordenamento e planeamento. Compreende a análise e avaliação dos riscos, envolvendo a cartografia de risco, sublinhando as consequências associadas aos perigos, determinando a aceitabilidade dos perigos e identificando cumulativamente os impactos futuros ou propostas de uso do solo. Os decisores estabelecem as linhas estratégicas relativamente ao desenvolvimento do território, mitigação dos riscos e desenvolvimento económico de acordo com os objetivos do plano de ordenamento.
3. Plano de implementação. A fase final do processo de integração da minimização do risco no processo de ordenamento do território refere-se à forma como o plano de ordenamento será implementado em termos práticos.

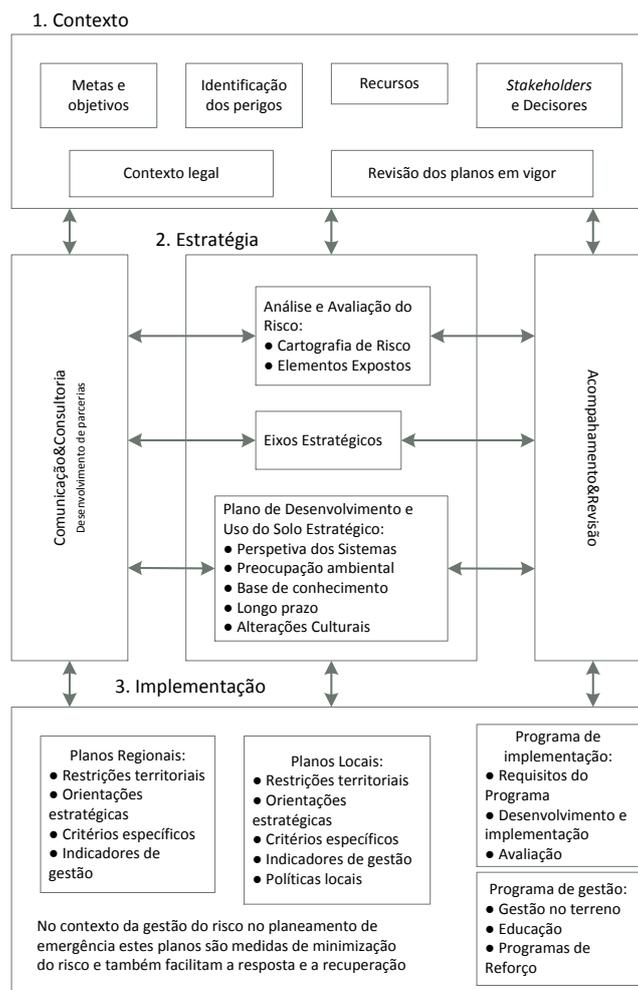


Figura 13 – Integração da minimização do risco no processo de ordenamento do território (Adaptado de EMA, 2002: 32)

Outro exemplo que constitui uma referência sobre a integração da gestão preventiva e minimização dos riscos no processo de ordenamento e planeamento do território é a Suíça. Através de uma recomendação conjunta de três entidades *federais* com a designação “*Spatial Planning and Natural Hazards*” é possível identificar a estratégia para a elaboração de cartografia de risco e respetiva integração com os instrumentos de ordenamento e planeamento do território (Camenzind-Wildi, 2006:4). A recomendação é composta por cinco seções principais:

- Princípios gerais para lidar com perigos naturais e riscos (Capítulo 2);
- Fundamentos necessários para a implementação (Capítulo 3);
- Instrumentos de ordenamento e planeamento e a sua utilização (Capítulo 4);
- Tarefas e princípios básicos de orientação do ordenamento dos Cantões (capítulo 5), o Ordenamento do Território (Capítulo 6) e Procedimentos de licenciamento e construção (Capítulo 7);
- Aspetos legais, especialmente ligados a compensações e responsabilidades (Capítulo 8).

De acordo com a recomendação, os princípios gerais para lidar com perigos naturais e riscos são reconhecer e evitar os riscos, lidar de forma consciente com os riscos e o estabelecimento de procedimentos de segurança. Por outro lado, o ordenamento do território é considerado

como uma parte vital da gestão integrada de riscos, garantindo o uso adequado do solo tendo em consideração as situações de risco e contribuindo para a prevenção de novos riscos. Na recomendação, a promoção do diálogo e da responsabilidade pessoal das populações afetadas também assume uma importância elevada.

Como fundamentos para a descrição e reconhecimento de perigos naturais e riscos, bem como de medidas preventivas de ordenamento, são utilizados na Suíça os seguintes instrumentos:

1. Cartografia de perigosidade indexada - Fornece uma visão geral da situação de perigo, baseando-se em modelos de cálculo e para um determinado período do evento. Este tipo de cartografia identifica a extensão do perigo, mas não oferece informação acerca da intensidade do perigo.
2. Cartografia de perigosidade – Fornece uma visão detalhada da situação de perigo, incluindo a intensidade do perigo e a probabilidade de ocorrência do fenómeno através de cinco classes (Figura 14):
  - **vermelha**: ameaça substancial.
  - **azul**: ameaça moderada.
  - **amarela**: ameaça reduzida.
  - **amarela-branca**: ameaça residual.
  - **branca**: ameaça inexistente ou negligenciável;

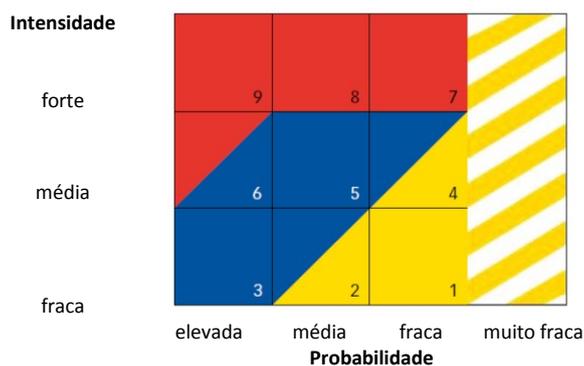


Figura 14 - Classes de risco resultantes da intensidade e probabilidade (Camenzind-Wildi, 2006: 15)

3. Diferenciação entre metas de proteção - O terceiro instrumento, consiste numa matriz com metas de proteção para várias ocupações do solo e diferentes períodos de retorno. Nesta matriz podem identificar-se diferentes níveis de proteção em função do maior ou menor número de pessoas e bens potencialmente afetados por uma catástrofe.

No que diz respeito ao ordenamento do território, a recomendação aponta os seguintes princípios:

1. Identificação das zonas de perigo - Todas as áreas de risco devem ser identificadas no zonamento do plano (vermelho, azul, amarelo, verde-branco, branco);
2. Integração das zonas de perigo nos instrumentos de planeamento – As zonas de perigo, deverão ser assumidas no plano de zona com o mínimo de alterações possíveis;
3. Regulamentação das zonas de perigo – O uso de regulamentos com regras para zonas proibidas ou condicionadas é um imperativo;
4. Proibição de construção em áreas de elevada perigosidade – Nas áreas de elevada perigosidade não é permitida a edificação;

5. Política restritiva em áreas de perigosidade moderada – Nas áreas de perigosidade moderada as condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações;
6. Gestão de áreas construídas situadas em zonas perigosas – Nestas áreas propõe-se a análise do interesse público versus privado, avaliação de alternativas, particularidades do local, independentemente da tomada imediata de medidas de proteção;
7. Procedimento para construção de estruturas de proteção – Estas deverão ser utilizadas com reserva;
8. Gestão de usos especiais - Em relação a riscos potenciais, os usos especiais (por exemplo, parques de campismo, hospitais, industriais e áreas comerciais) exigem um estudo detalhado;
9. Procedimento para a inexistência de cartografia de risco – As áreas para as quais os mapas de risco não estão disponíveis devem ser tratados como áreas de risco.

Através dos instrumentos descritos, pretende-se garantir o uso adequado do solo tendo em consideração as situações de risco, responsabilizando-se o Estado pela definição das áreas de exclusão e áreas condicionadas à edificação e ligando-se diretamente os pedidos de indemnização em caso de catástrofe as estas localizações.

Peltier (2005) elaborou um estudo comparativo entre a Suíça (Valais), França (Altos Pirenéus) e Itália (Vale de Aosta), sobre a cartografia de risco tendo em consideração o seu conteúdo, o tipo de zonamento e as restrições decorrentes desse zonamento no ordenamento do território. Na Suíça, a cartografia de risco concentra-se no perigo, efetuando-se o zonamento da perigosidade com base na combinação da intensidade e probabilidade do evento, distinguindo-se quatro tipos de áreas com restrições associadas (Quadro 4).

Quadro 4 – Zonamento e restrições definidas na Suíça (Adaptado de Peltier, 2005)

Zona	Perigo	Descrição	Restrições
Vermelha	Elevado	As pessoas estão em perigo dentro e fora dos edifícios; Deve-se esperar uma repentina destruição de edifícios; Eventos ocorrem com uma intensidade relativamente baixa, mas com uma probabilidade elevada de ocorrência.	Nenhum edifício ou construção utilizada para abrigar pessoas ou animais é permitida nem qualquer ampliação. As áreas urbanizáveis não construídas devem ser desclassificadas. As construções destruídas não podem ser reconstruídas a menos que o local de implantação não seja substituível e sejam tomadas medidas mitigadoras. A mudança de uso só é permitida se o risco diminuir.
Azul	Moderado	As pessoas estão em perigo fora de edifícios; Esperam-se danos nos edifícios, mas não a sua destruição, desde que o método de construção esteja adaptado às condições.	A construção é permitida condicionalmente de acordo com as condições especificadas para os diferentes perigos. Construções particularmente sensíveis não podem ser autorizadas, e na medida do possível, qualquer nova urbanização não pode ser licenciada.
Amarela	Reduzido	O perigo para as pessoas é baixo ou nulo; Devem-se esperar poucos danos nos edifícios.	Os proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas para prevenir os danos.
Amarela e Branca	Residual	Perigos com uma probabilidade muito baixa de ocorrência e intensidade. O conceito de perigo residual baseia-se num período de retorno de cerca de 300 anos.	Um plano de emergência e de medidas de proteção especiais deverá ser desenvolvido.
Branca	Inexistente	Não há nenhum perigo ou risco conhecido sendo desprezível no estado atual do conhecimento.	-

Neste contexto, Peltier (2005) define a doutrina suíça para a elaboração de mapas de risco como muito precisa, apesar de identificar diferenças entre os cantões. Na doutrina suíça, um

mapa de risco é uma representação de um perigo existente de acordo com uma avaliação de um especialista e não pode, como tal, ter força de lei, sendo o licenciamento urbanístico da responsabilidade das autoridades cantonais e comunais. Desta forma e de acordo com a autora, a lei federal suíça distingue claramente o papel do especialista em risco do político (integração do risco no ordenamento do território).

Para Itália, a autora define a gestão dos riscos e a cartografia de risco em particular como heterogénea, coexistindo a legislação nacional aplicada de forma diferente em diferentes bacias hidrográficas, e as leis regionais. As diferenças podem ser significativas, nomeadamente no que diz respeito às restrições impostas pelo zoneamento de região para região. No caso estudado do Vale de Aosta, a cartografia de riscos, define três zonas que correspondem a uma perigosidade baixa, média ou elevada e restrições associadas (Quadro 5).

Quadro 5 - Zonamento e restrições definidas no Vale de Aosta (Adaptado de Peltier, 2005)

Zona	Perigo	Descrição	Restrições
Vermelha	Elevado	Inclui ainda a zona A para inundações ou uma área com alto risco de avalanches, ou área muito perigosa para deslizamentos.	Inundações: Na Zona A é proibida qualquer construção, e qualquer atividade que possa transformar a situação atual bem como alterações nas infraestruturas e edifícios. São permitidas ocupações temporárias. Perigos geológicos: São proibidos trabalhos ou outro equipamento que não de segurança, alterações de reabilitação e manutenção extraordinária das estruturas existentes de arquitetura. As intervenções proibem a alteração do escoamento superficial, reduzir a secção de rios ou prejudicar o equilíbrio estático e hidrodinâmico;
Amarela	Médio	Inclui ainda a Zona B para inundações ou risco médio para avalanches, ou área moderadamente perigosa para deslizamentos.	Perigos geológicos: São autorizadas a reabilitação e expansão das infraestruturas e de edifícios existentes, bem como trabalhos extraordinários em infraestruturas, estradas rurais, etc., desde que os projetos sejam suportados por estudos geotécnicos.
Verde	Baixo	Inclui ainda a zona C para inundações, risco baixo para avalanches ou área pouco perigosa para deslizamentos.	Perigos geológicos: A construção de novos edifícios é permitida após a verificação das condições de segurança geotécnica.
Roxa	Não estudado	Correspondem a áreas que não estão estudadas, mas que podem corresponder à origem do risco.	Se a cidade promover ou licenciar uma nova urbanização, será necessário efetuar previamente estudos e uma cartografia de risco específica. Esta área não existe para deslizamentos. Para inundações, é chamada de área sensível. Para as avalanches, a área é dividida em duas categorias: zona Va, localizada em risco de avalanche e a zona Vb, correspondente a uma área de risco potencial de avalanches

À semelhança da Suíça, a componente técnica de elaboração da cartografia de risco, encontra-se dissociada da decisão política referente à componente de ordenamento do território.

O terceiro e último estudo de caso, analisado por Peltier (2005) é o caso Francês. Na França, o zonamento de risco é regulamentado através de planos de prevenção de riscos naturais previsíveis e encontra-se enquadrado pela lei Barnier, de 1995. A originalidade francesa dos planos de prevenção de riscos é a sua execução estar a cargo dos serviços desconcentrados do

Estado, incluindo a a cartografia de risco bem como a identificação de medidas de prevenção ou proteção a serem tomadas por comunidades ou indivíduos.

Os planos de prevenção de riscos teoricamente distinguem duas áreas a que são atribuídas diferentes níveis de restrições. A delimitação dessas áreas baseia-se principalmente no mapa de perigo, embora outros critérios podem intervir (por exemplo a ocupação efetiva do solo):

- Zona vermelha: perigosidade elevada, zona não edificável;
- Zona azul: perigosidade moderada, a construção é permitida de forma condicionada.

Associado às exigências de prevenção, derivadas de recomendações oficiais ou no âmbito de iniciativas locais em França, Peltier (2005) identifica as restrições à construção associadas a diferentes perigos (Quadro 6) e ilustra com uma matriz os princípios de delimitação e de construção em zonas de avalanche (Figura 15).

Quadro 6 - Zonamento e restrições definidas para França (Adaptado de Peltier, 2005)

Zona	Perigo	Restrições
Vermelha	Elevado	Cheias/Inundações (exceto enxurradas). As construções novas são proibidas. São autorizadas as reconstruções de bens afetados desde que seja garantido a redução da vulnerabilidade e risco associado. O PPR também pode autorizar outras intervenções como o desenvolvimento de redes de infraestruturas, edifícios agrícolas, florestais ou equipamentos desportivos relacionados com a água. Avalanches: a construção nova é proibida, mas são permitidos projetos, desde que não sejam habitacionais, não aumentem o risco e não criem de raiz: infraestruturas e equipamentos associados, construções de apoio às atividades agrícolas ou florestais, equipamentos desportivos, anexos e abrigos existentes, desde que não se destinem à ocupação humana e não excedam uma ocupação de 20m <sup>2</sup> . É proibida a reconstrução de edifícios danificados.
Azul	Moderado	Cheias/Inundações: a construção é autorizada condicionalmente. Os estabelecimentos abertos ao público, industriais e comerciais, com potenciais prejuízos significativos ou risco de poluição, redes e imóveis necessários para a gestão da emergência (hospitais, quartéis de bombeiros) devem-se evitar. Os requisitos em causa referem-se aos métodos de construção (materiais, fundações, etc.). Avalanches: a construção é autorizada condicionalmente. Os requisitos referem-se à disposição dos edifícios, a sua ocupação, garantindo o acesso direto aos edifícios ameaçados, as características externas do edifício (orientação, inclinação do telhado, tamanho de abertura, etc.). As vedações de grande dimensão são proibidas. Os requisitos também se aplicam à arquitetura dos edifícios (resiliência da fachada, existência de espaços de contenção no edifício).
Verde	Baixo	Avalanches: áreas não diretamente expostas a riscos. Edifícios e instalações florestais, comerciais ou industriais que podem aumentar o risco ou causar novos são proibidos. Essa área geralmente não é urbanizada e o povoamento florestal tem uma função de proteção que deve ser mantido ou melhorado.
Amarelo		Cheias/Inundações: área inundável. Avalanches (máxima provável): são proibidas novas construções públicas com acomodações que não têm áreas seguras confinadas e de apoio ao socorro. O regulamento pode prescrever normas de construção, construtivas ou de exploração, incluindo o equipamento necessário para a organização de uma possível evacuação e de forma mais geral para a gestão de situações de emergência.
Outras áreas		Avalanches : São distinguidas áreas localizadas fora da área de perigo, mas que consideram a gestão do risco de avalanche. Estas áreas são geralmente urbanas ou urbanizáveis, mas como o seu acesso é ameaçado pelo fenómeno, são tratadas como áreas amarelas.

PERIGO	ESPAÇOS NÃO URBANIZADOS	ESPAÇOS URBANIZADOS	
		NÃO PROTEGIDOS	PROTEGIDOS
ELEVADO	Construção proibida	Construção proibida + restrição árvores	Construção proibida (excepcionalmente permitida sobre condições especiais) + restrição árvores
MODERADO	Construção proibida	Construção proibida (excepcionalmente permitida sobre condição de adoção de medidas de prevenção) + restrição árvores	Construção autorizada sobre condição de execução de medidas de proteção + restrição árvores
ÁREA NÃO EXPOSTA À ORIGEM DO PERIGO	Construção proibida + Silvicultura para efeitos de uma floresta de proteção	Construção autorizada sobre condição de adoção de medidas individuais de prevenção	Construção autorizada sobre condição de execução de medidas de proteção
BAIXO	Silvicultura para efeitos de uma floresta de proteção Construção autorizada sobre condição de adoção de medidas individuais de prevenção	Construção autorizada sobre condição de adoção de medidas individuais de prevenção	Construção autorizada sobre condição de execução de medidas de proteção
AVALANCHE MÁXIMA IMPROVÁVEL	Construção autorizada considerando um regulamento para os equipamentos necessários à organização do socorro		
NULO OU NÃO APLICÁVEL			

Figura 15 - Princípios de delimitação e de construção em zonas de avalanche em França (Adaptado de Peltier, 2005: 388)

Greiving e Fleischhauer (2006:115), consideraram a avaliação e a gestão do risco como elementos integrantes no processo de decisão dos planos de ordenamento do território através de três eixos:

1. Suporte científico: Avaliação da existência de dados para utilização nos métodos de análise e avaliação de risco (cartas de perigosidade e de risco) para desenvolvimento cientificamente fundamentado para utilização no processo de decisão?
2. Decisão política: Qual a extensão do suporte científico considerado no processo de decisão política? Quais as razões para negligenciar perigos e riscos? Como e em que grau os resultados da avaliação de risco são considerados no planeamento?
3. Processo de implementação: Qual o grau de realização das medidas implementadas após o processo de decisão? Quais os obstáculos?

Estes três eixos encontram-se detalhados no fluxograma seguinte (Figura 16):

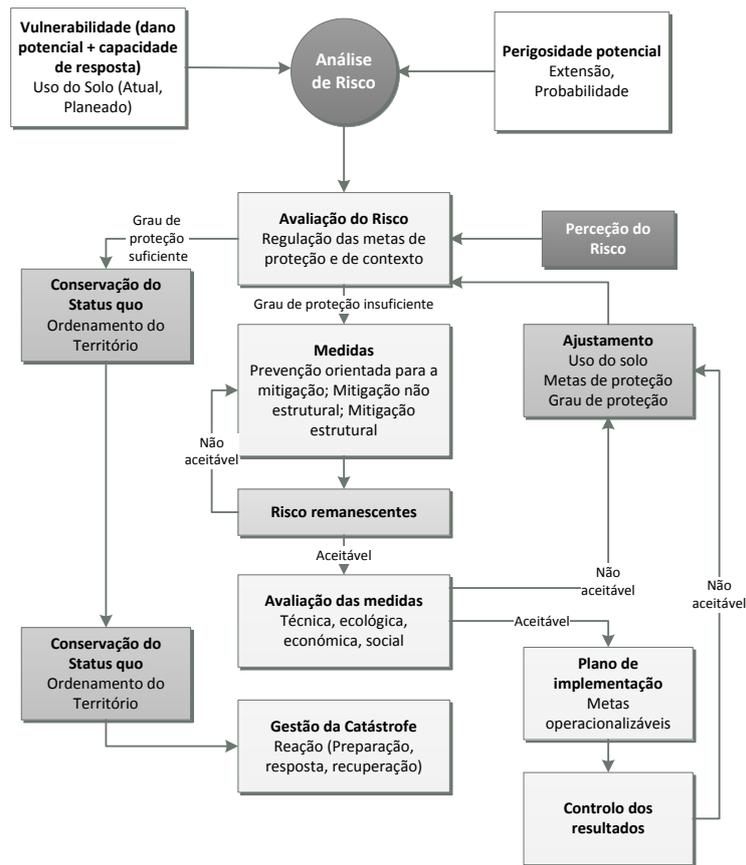


Figura 16 – A gestão do risco integrada no processo de ordenamento do território (Adaptado de Greiving e Fleischhauer, 2006: 116)

Sutanta *et al.* (2010:205) e Sutanta (2012) discutem a abordagem teórica para integração da gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território, à escala local, apresentando um conjunto de pré-requisitos para uma integração adequada (Figura 17). O primeiro pré-requisito descrito pelos autores são as políticas que providenciam as orientações e diretrizes para a implementação da integração da gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território, formalizada através da legislação e regulamentos. As leis e regulamentos definem as responsabilidades das entidades e organizações e a forma de execução para as diferentes ações. Outro pré-requisito descrito consiste nos dados e nas suas características, designadamente no diz respeito aos sistema de coordenadas, classes, escalas e importância da existência de registos de ocorrências de catástrofes e desastres. O último pré-requisito referido pelos autores é o desenvolvimento de uma infraestrutura de dados espaciais que permita o envolvimento e participação dos vários organismos governamentais e cidadãos.

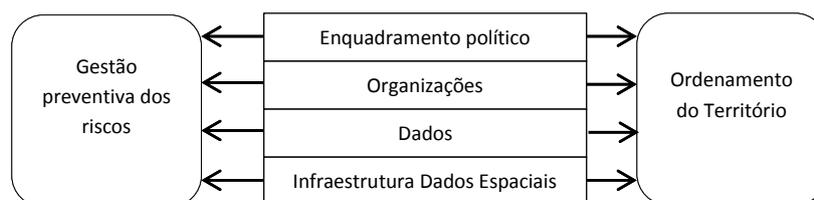


Figura 17 – Elementos de integração da gestão preventiva de riscos no ordenamento do território (Adaptado de Sutanta, 2012: 38)

Um dos aspetos centrais desenvolvido pelos autores refere-se à apresentação dum método para a integração da gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território baseado na cartografia de risco integrada e cartografia de vulnerabilidade, com o objetivo de construir um plano de ordenamento resiliente à catástrofe e acidentes graves. A Figura 18 apresenta o fluxograma que permite testar a integração da gestão preventiva dos riscos no ordenamento do território, baseando-se no conceito de risco aceitável.

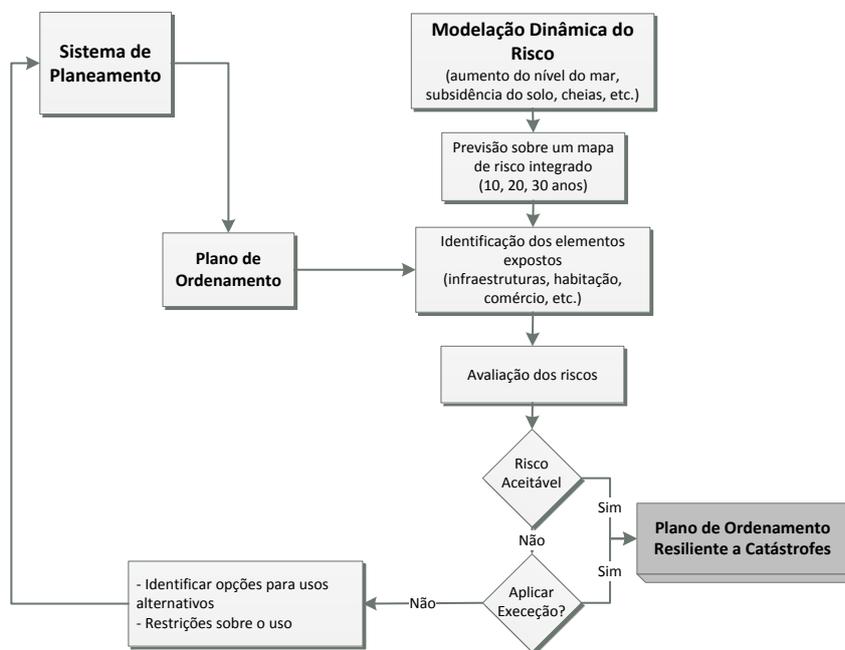


Figura 18 – Modelação dinâmica do risco em ordenamento do território (Adaptado de Sutanta *et al.*

, 2010: 9)

Segundo o modelo, o processo dever-se-á iniciar pela modelação dinâmica do risco, tendo em consideração diferentes períodos de retorno, numa estratégia de antecipação. A etapa seguinte passa pela avaliação do plano de ordenamento, com base nos riscos previstos, analisando-se o nível de risco para o uso previsto e caso não haja risco ou este seja aceitável é integrado no plano de ordenamento do território. No caso do risco não ser aceitável, poderá ser reequacionado como uma exceção ou rejeitado, identificando-se seguidamente outros usos ou restrições aos usos, voltando-se a formular o plano de ordenamento.

Mais recentemente, Saunders (2012) com o objetivo de desenvolver uma metodologia focada na minimização de riscos naturais para suporte a um ordenamento do território inovador na Nova Zelândia, apresentou uma proposta de análise de risco baseada em três passos, com a possibilidade de ser integrada com uma componente preventiva e participativa. A base da abordagem proposta baseia-se na seguinte expressão:

$$R = [C \times P] - M$$

onde C = consequências ou danos (saúde, sociais, económicas, ambientais);

P = probabilidade; e

M = medidas de mitigação, através do processo de ordenamento do território.

Os passos em que se baseia a metodologia de análise proposta por Saunders (2012: 162) são os seguintes:

1. Determinar o uso do solo pretendido e avaliar a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências (C) ao nível da saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG<sup>4</sup> (Vítimas: 50%, Edificado: 25%, Economia: 15% e Ambiente: 10%) (Quadro 7);

Quadro 7 – Avaliação das consequências na dimensão das vítimas, edificado, económica e ambiental (Adaptado de Saunders, 2012)

Escala de impacto	Descrição das consequências				Severidade da consequência
	Saúde&Segurança	Social	Economia	Ambiente	
<b>Severo</b>	Múltiplas fatalidades, ou efeitos irreversíveis significativos >50 pessoas.	Questões sociais muito graves em curso. Danos significativos em estruturas e em valores culturais significativos.	Severo i.e. mais de \$10 milhões ou mais de 50% dos ativos	Severo, prejuízos de longo prazo nas funções dos ecossistemas	<b>VI</b>
<b>Elevado</b>	Fatalidades individuais e/ou incapacidades permanentes (>30%) numa ou mais pessoas.	Questões sociais graves em curso. Danos significativos em estruturas e em valores culturais significativos.	Elevado i.e. entre \$1 milhão e \$10 milhões ou 10-50% dos ativos	Prejuízos muito elevados de longo prazo nas funções dos ecossistemas	<b>V</b>
<b>Moderado</b>	Incapacidades permanentes ou moderadas (<30%) numa ou mais pessoas.	Questões sociais em curso. Danos permanentes em edifícios e em valores culturais significativos.	Moderado i.e. entre \$100,000 e \$1 milhão ou 10% dos ativos	Efeitos moderados de curto prazo que não afetam as funções dos ecossistemas	<b>IV</b>
<b>Reduzido</b>	Ferimentos reversíveis Possível necessidade hospitalização	Questões sociais em curso. Danos temporários em edifícios e em valores culturais significativos.	Reduzido i.e. entre \$10,000 e \$100,000 ou 1% dos ativos	Efeitos menores no ambiente	<b>III</b>
		Questões sociais de médio prazo em curso, danos menores em habitações	Reduzido i.e. entre \$10,000 e \$100,000 ou 0.1% dos ativos		<b>II</b>
<b>Negligenciável</b>	Primeiros socorros necessários ou não é necessário tratamento médico	Impactos sociais de curto prazo negligenciáveis nas populações locais, maioritariamente reparáveis	Residual i.e. menor de \$10,000 ou 0.01% dos ativos	Efeitos insignificantes no ambiente	<b>I</b>

2. Avaliar a probabilidade do evento para determinadas consequências (Quadro 8):

Quadro 8 – Níveis de probabilidade (Adaptado de Saunders, 2012)

Nível	Descriptor	Descrição	Frequência indicativa (expectativa de ocorrência)	P
7	Quase certo	O evento ocorre numa base anual	Uma vez por ano ou mais	1
6	Provável	O evento ocorre várias vezes no percurso de vida	Uma vez em cada três anos	0.3
5	Possível	O evento ocorre uma vez no percurso de vida	Uma vez em cada dez anos	0.1
4	Pouco provável	O evento ocorre ocasionalmente	Uma vez em cada trinta anos	0.03
3	Raro	Existem relatos da sua ocorrência	Uma vez em cada cem anos	0.01
2	Muito raro	Não existem relatos da sua ocorrência	Uma vez em cada mil anos	0.001
1	Quase improvável	Teoricamente possível, mas não é expetável que ocorra	Uma vez em cada dez mil anos	0.0001

<sup>4</sup> S = seriousness, M = manageability e G = growth

3. Utilizar uma matriz de risco, para determinar a possibilidade de transformação do uso do solo.

Saunders (2012) conclui que a abordagem proposta constitui uma oportunidade de qualificar e quantificar os níveis de risco no processo de ordenamento do território, com base nas consequências em vez de apenas basear-se na probabilidade, possibilitando a definição de níveis aceitáveis de risco para efeitos de minimização dos riscos através de medidas de ordenamento do território e planeamento.

### **2.3.SÍNTESE E CONCLUSÕES**

A aplicação dos sistemas de apoio à decisão na gestão dos riscos naturais e tecnológicos apesar de não ser recente, é uma temática com uma expressão relativamente reduzida. Apesar desta fraca expressão foi possível encontrar vários exemplos normalmente direcionados para determinado perigo ou aplicação de uma metodologia ou técnica. Quando se limita a pesquisa aos SADE na gestão do risco aplicados ao contexto do ordenamento do território os resultados são escassos, constituindo o SADE desenvolvido no âmbito do projeto ARMONIA uma referência na matéria.

Relativamente à integração da cartografia de risco nas práticas de ordenamento do território, enquanto componente de gestão no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão na gestão de riscos para suporte ao ordenamento do território, é assumida como uma das ferramentas fundamentais para efeitos de minimização do risco, apesar da forma como esta integração é efetuada não se encontrar normalizada e estabilizada. Sobre esta matéria foi possível encontrar referências (Peltier, 2005) onde são analisadas para três países as condições de transformação de uso do solo em função do zonamento das classes de perigosidade e as restrições decorrentes desse zonamento no ordenamento do território. Adicionalmente importa destacar o trabalho de Saunders (2012) que permitiu identificar as condições de transformação de uso do solo que compreendem para além da análise da perigosidade, as condições de vulnerabilidade que favorecem ou facilitam os desastres associadas a novos desenvolvimentos urbanos ou de infraestruturas.

### **3. INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO NO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO À ESCALA MUNICIPAL – A SITUAÇÃO EXISTENTE E O CONTRIBUTO PARA A BASE DE CONHECIMENTO DO SADE**

**Sinopse do capítulo:** Este capítulo tem como objetivo conhecer os modelos de integração da cartografia de risco no ordenamento do território em Portugal, à escala municipal, para contextualização da pertinência do tema no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e fundamentação do desenho conceptual do mesmo. Encontra-se estruturado em três subcapítulos. O primeiro subcapítulo *O Contributo do Ordenamento do Território na Minimização de Riscos*, enquadra a forma como o ordenamento do território pode contribuir para as estratégias de gestão do risco. O segundo subcapítulo *A Integração da Cartografia de Risco na Definição do Modelo Territorial e Implicações no Desenvolvimento do SADE*, tem como objetivo o diagnóstico da situação existente relativamente às implicações práticas da cartografia de risco na definição do modelo territorial e gestão do território e que resultou dum conjunto de entrevistas a municípios que integraram a cartografia de risco nos seus planos diretores municipais. Por último, sintetizam-se as principais conclusões sobre a situação existente e a forma como poderão contribuir para desenvolvimento do sistema de apoio à decisão para suporte ao ordenamento do território que integre a gestão do risco.

**Palavras-chave:** risco; cartografia de risco; ordenamento do território; modelos territoriais municipais.

**Questão de investigação:** De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?

#### **3.1. O CONTRIBUTO DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NA MINIMIZAÇÃO DE RISCOS**

O contributo do ordenamento do território na minimização de riscos, dependendo do ponto de vista, acontece em vários momentos do ciclo da catástrofe<sup>5</sup>, seja na prevenção, na preparação, na resposta ou na reconstrução, componentes do risco (perigosidade, vulnerabilidade, exposição ou capacidade de resposta), tipos de medidas (estruturais e não estruturais), em várias escalas (nacional, regional ou local), com diversos impactos e seguindo diferentes princípios. Sobre a relação entre os vários momentos do ciclo da catástrofe e os vários níveis de planeamento, designadamente o regional, o local e o sectorial, Greiving e Fleischhauer (2006) descrevem o contributo dos instrumentos de planeamento para as estratégias de gestão do risco, num contexto de análise dedicado aos desastres naturais, riscos e mudanças climáticas (Quadro 9). Quer ao nível regional ou local, o ordenamento do território é descrito como operativo no âmbito da prevenção, planeamento e até certo ponto dentro da resposta e recuperação pós catástrofe.

---

<sup>5</sup> O conceito de catástrofe adotado corresponde ao disposto no artigo 3.º da Lei de Bases da Proteção Civil como sendo um “acidente grave ou a série de acidentes graves susceptíveis de provocarem elevados prejuízos materiais e, eventualmente, vítimas, afectando intensamente as condições de vida e o tecido socioeconómico em áreas ou na totalidade do território nacional”.

Quadro 9 - Contributo dos instrumentos de planeamento e de suporte para as estratégias de gestão do risco

Estratégia de gestão do risco	Planeamento Regional	Planeamento Local	Planeamento Setorial	Instrumentos de suporte
<b>1. Prevenção direcionada para a mitigação</b>	Ex. planeamento, opções construtivas e de transporte que diminuam as emissões dos gases que provocam o efeito estufa	Apoio à utilização de energias renováveis	Estratégias para a redução da emissão de gases que provocam o efeito de estufa (ex. apoio às estruturas de transporte público)	Protocolo de Quioto: estratégias para a redução da emissão de fases que provocam o efeito de estufa, incentivos fiscais
<b>2. Mitigação não estrutural (a): minimização do impacto dos perigos</b>	Manutenção das estruturas de proteção naturais (ex. bacias de retenção, sistemas dunares)	Desincentivo à impermeabilização do solo	Estudos hidrológicos/hidráulicos para minimização de cheias; Planos de ordenamento da orla costeira; Planos de reflorestação; Cultivo da terra adaptado	Cooperação inter-regional; instrumentos económicos e financeiros; gestão da informação
<b>3. Mitigação não estrutural (a): minimização do dano potencial</b>	Inclusão nos instrumentos de planeamento regional da componente de análise de risco	Instrumentos de planeamento (através de zonamentos)	Alocação adequada de infraestruturas ameaçadas	
<b>4. Mitigação estrutural</b>	Garantir a disponibilidade de espaço para infraestruturas de proteção	Medidas de prevenção como parte do licenciamento de edifícios	Medidas de engenharia, infraestruturas de proteção (esporões)	
<b>5. Reação: preparação, resposta, recuperação</b>	-	Planos de reconstrução e reabilitação	Planos de emergência (ex. relatórios de segurança das indústrias SEVESO)	Medidas de sensibilização e divulgação no domínio da proteção civil

Adaptado de Greiving e Fleischhauer (2006)

Para os autores, ao nível regional, a componente de reação, não é relevante, devido à escala de atuação ser fundamentalmente local. Apesar da atividade de ordenamento do território se encontrar orientada para o futuro (médio e longo prazo), são identificados por Greiving e Fleischhauer (2006) dois pontos em que o ordenamento do território desempenha um papel decisivo na componente da resposta e da recuperação:

1. A necessária integração dos interesses relacionados com a resposta à emergência dentro das atividades urbanas e das infraestruturas: uma área residencial bem como uma instalação industrial deve estar ao alcance das unidades de resposta à emergência. Além disso, no caso da resposta à emergência, o planeamento do território deverá levar em consideração os impactos dos potenciais perigos, bem como a acessibilidade adequada para diferentes modos de transporte.
2. O planeamento do uso do solo urbano pode ser entendido como um ator chave no caso de atividades de recuperação após uma catástrofe. A reconstrução de habitações e infraestruturas tem de ser coordenada por um planeamento que é idealmente orientado para as questões do risco, tendo como princípios de gestão urbana evitar áreas perigosas.

De uma forma mais sintética e de acordo com Fleischhauer *et al.* (2005:209), a integração da gestão preventiva dos riscos nos instrumentos de planeamento e gestão territorial desempenha quatro possíveis papéis:

1. Proibição do desenvolvimento de determinadas áreas. Nas áreas expostas, com especial destaque para aquelas com elevado histórico de ocorrências, o desenvolvimento deverá ser proibido. As áreas reservadas para as tarefas de proteção civil deverão estar salvaguardadas.
2. Classificação do uso do solo considerando a propensão para ocorrência de determinados riscos. Vertentes com declives elevados, suscetíveis a deslizamentos não deverão ser para áreas habitacionais ou comerciais, mas poderão ser adequadas para fins agrícolas.
3. A regulamentação e zonamento do uso do solo com consequências e obrigatoriedade legais. Em áreas de elevada perigosidade a sismos, pode-se regulamentar a densidade de construção, tendo em vista a minimização do impacto do colapso de edifícios.
4. Alteração da perigosidade. O ordenamento do território pode através de métodos de *soft engineering* desempenhar um papel na redução do perigo. Por exemplo, através de bacias de retenção podem-se atenuar as cheias, devendo-se salvaguardar estas áreas em desenvolvimentos futuros.

Centrando-se nas medidas de mitigação, Menoni *et al.* (2006) apresentam para os fatores perigosidade, elementos expostos, vulnerabilidade, capacidade de resposta e risco em termos de danos expectáveis uma síntese de medidas de mitigação relevantes para o planeamento e ordenamento do território (Quadro 10).

Quadro 10 - Síntese de medidas de mitigação relevantes para o planeamento e ordenamento do território

Fatores abordados	Tipo de medida	Escala	Tipificação da influência no planeamento	Barreiras
perigosidade	medidas estruturais	local	- planos sectoriais podem incluir medidas estruturais - seria melhor que os planos incluíssem estas medidas como parte das variáveis urbanísticas	- as medidas estruturais podem induzir um falsa sensação de segurança - estas podem implicar um risco residual
elementos expostos	- evitar hotspots de perigosidade - deslocalização - redução da densidade populacional	regional e local regional e local regional e local	direta em planos gerais assim como em planos de pormenor (ou planos que incluam zonamentos) direta em planos gerais assim como em planos de pormenor direta em planos gerais assim como em planos especiais	- a forte pressão do mercado no desenvolvimento de algumas áreas especialmente quando estas se encontram em localizações privilegiadas - vários constrangimentos à relocalização: económicas, administrativas, sociais
vulnerabilidade	- redução da vulnerabilidade dos edifícios - redução da vulnerabilidade das infraestruturas - redução da vulnerabilidade dos edifícios públicos	local (pode ser definida a prioridade regional) local (pode ser definida a prioridade regional) local (pode ser definida a prioridade regional)	- nos planos sectoriais, podendo ser incluídas como recomendações - ou como requisito em planos gerais - em planos sectoriais, podendo ser incluídas como recomendações em planos gerais	- existe um certo custo sustentável (pelo sector privado) - custos partilhados entre empresas e o sector público - custo a ser suportado pelo sector público
capacidade de resposta	- aumento das redundâncias dos sistemas - redução da interdependência absoluta dos sistemas - fomento da saúde	regional e local regional e local local local	- nos planos sectoriais, pode ser introduzida como recomendação em planos gerais - indireta em planos gerais - indireta (como parte	- diferentes setores e empresas envolvidas - diferentes setores e empresas envolvidas e requiere vários esforços (organizacionais e

	das populações - facilitação do acesso aos serviços e recursos - disseminação de uma "cultura de risco"		de um processo participativo)	financeiros)
risco em termos de danos expectáveis	- seguros	Local e regional (nacional)	indirecta	- pode constituir um incentivo para comportamentos de risco

Adaptado de Menoni *et al.* (2006)

Segundo os autores, do ponto de vista da perigosidade e no contexto do ordenamento do território, existem dois tipos de medidas aplicáveis. Em primeiro lugar, tratando a severidade e a probabilidade, na tentativa de reduzir ou limitar o potencial dos fenómenos naturais. Em segundo lugar, através do conhecimento dos riscos existentes numa determinada área. Este conhecimento constitui um suporte importante para os planeadores, uma vez que pode ser utilizado em áreas que ainda não foram urbanizadas, evitando desenvolvimentos futuros. Nas áreas já desenvolvidas o conhecimento permite reconhecer situações críticas, de modo a agir através da redução da exposição e/ ou vulnerabilidade.

Do ponto de vista da exposição, a medida mais evidente que pode ser tomada com base na informação referida anteriormente é a evacuação e a deslocalização. As decisões de deslocalização, à semelhança das destinadas a evitar exposições futuras em áreas reconhecidas como perigosas, podem segundo os autores, ocasionalmente, entrar em conflito com a realidade uma vez que vários lugares estão expostos a vários perigos, não sendo sempre fácil decidir a mudança de habitações existentes. Neste domínio outra medida descrita corresponde ao que se pode designar como "transferência parcial", na tentativa de reduzir a pressão humana numa área perigosa, através da diminuição da densidade populacional, incentivando ou subsidiando os locatários a procurar habitação em áreas habitacionais menos expostas. Também do ponto de vista da vulnerabilidade, Menoni *et al.* (2006) evidenciam a sua importância através da importância das recomendações e regras em matéria de conceção, planeamento e até mesmo as opções arquitetónicas para minimizar a vulnerabilidade dos elementos expostos, a ser construídos ou já existentes.

O último fator abordado pelos autores corresponde à transferência de riscos e ferramentas de partilha de risco, que apesar de não reduzirem os danos, fornecem algumas maneiras de mitigar o seu impacto na comunidade, por meio de estratégias (especialmente financeiras) que permitem uma recuperação rápida e com custos razoáveis. Neste domínio, a atividade seguradora é o exemplo descrito de transferência para uma terceira parte (a seguradora) de parte ou todo o risco, através do pagamento de um prémio. Apesar de apresentarem esta medida, Menoni *et al.* (2006) afirmam que no contexto do ordenamento do território esta só é relevante na medida em que a fixação diferenciada dos prémios, pode ter medidas de mitigação associadas com o intuito diminuir o valor a ser pago.

A lista de ações e medidas apresentadas no contexto do ordenamento e planeamento do território deve ser entendida como esquemática, uma vez que a realidade é demasiado complexa para poder ser tipificada. No entanto, as potencialidades e as limitações do ordenamento do território evidenciam o seu papel fulcral na minimização dos riscos, não obstante constituir uma componente entre outras.

### **3.2.ENQUADRAMENTO DO RISCO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO EM PORTUGAL**

O contributo do ordenamento do território na minimização de riscos, como se verificou no ponto anterior, assume diversos impactos e segue diferentes princípios, não se esgotando nos exemplos apresentados. Importa no contexto de identificação das especificidades das metodologias de desenvolvimento e integração da cartografia de risco nas opções de uso do solo pelos municípios portugueses, a desenvolver no ponto seguinte, efetuar um enquadramento do risco e ordenamento do território em Portugal, focado no nível municipal, uma vez que é nesta escala que se pretende desenvolver o sistema de apoio à decisão espacial. Não obstante tratar-se de um enquadramento, importa referir os trabalhos de Zêzere (2007), Queirós (2009), Tavares (2010) e de Oliveira (2010), para um maior detalhe sobre a relação dos riscos com o ordenamento do território em Portugal.

Apesar da inegável relação entre a proteção civil e a política pública de ordenamento do território, na lei n.º 48/98, de 11 de agosto, que estabelece as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo (LBPOTU) em Portugal, esta relação surge de forma ténue como um fim da política de ordenamento do território e de urbanismo através do artigo 3.º, alínea h), onde se descreve a preocupação em “Acautelar a protecção civil da população, prevenindo os efeitos decorrentes de catástrofes naturais ou da acção humana”. Ao contrário da LBPOTU, esta problemática é apresentada no Decreto-Lei n.º 316/2007, de 22 de setembro, referente ao regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial (RJIGT), de forma clara e vinculada numa lógica preventiva. Mais recentemente, através da Lei n.º 31/2014, de 30 de maio (Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo), o legislador assume de forma clara que a prevenção de riscos coletivos e redução dos seus efeitos nas pessoas e bens, constitui um dos fins da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo. Para além desta referência explícita, é definido enquanto objetivo da gestão territorial a execução da política de solos, de ordenamento do território e de urbanismo bem como a garantia da prevenção e redução de riscos coletivos. Por outro lado, passa a ser dever dos proprietários minimizar o nível de exposição a riscos coletivos. A preocupação com a prevenção e redução de riscos coletivos assume neste diploma um carácter estratégico, passando inclusive a ser critério para a transferência de edificabilidade ou critério para o exercício do direito de preferência nas transmissões onerosas de prédios entre particulares.

Em Portugal, a consideração dos riscos e das questões que interessam à proteção civil não assume a mesma configuração nos distintos instrumentos de gestão territorial (Oliveira, 2010). A integração das questões relacionadas com os riscos e com a proteção civil nos instrumentos de gestão territorial, decorre das diferentes obrigações legais que têm sido publicadas ao longo dos anos e onde os municípios, por constituírem o interface de ligação na gestão do território ao nível do licenciamento da urbanização e da edificação, são um dos destinatários preferenciais. A importância dos planos municipais de ordenamento do território para a minimização de riscos e proteção civil, advém destes instrumentos de gestão territorial definirem o regime de uso do solo e os critérios de transformação do território, podendo evitar ocupações indevidas em áreas perigosas ou condicionar a ocupação do território. No conjunto dos planos municipais de ordenamento do território, os PDM, enquanto instrumentos de referência para a elaboração dos demais planos municipais de ordenamento

do território, bem como para o desenvolvimento coordenado das intervenções sectoriais da administração do Estado no território do município, desempenham um papel fulcral no desenvolvimento de estratégias preventivas de proteção civil. O RJIGT, integra de forma direta a problemática dos riscos e da proteção civil no procedimento de planeamento, através do artigo 85.º, ponto 1, alínea n) e o), estabelecendo como conteúdo material do plano diretor municipal a identificação de condicionantes, designadamente reservas e zonas de proteção, bem como das necessárias à concretização dos planos de proteção civil de carácter permanente e as condições de atuação sobre áreas críticas, situações de emergência ou de exceção, bem como sobre áreas degradadas em geral.

Do ponto de vista da representação cartográfica do risco e da transversalidade dessa representação no universo dos municípios portugueses, importa destacar três áreas em que as exigências legais têm determinado a integração da cartografia de risco nos instrumentos de gestão territorial, numa lógica preventiva e associadas direta ou indiretamente a restrições de utilidade pública, designadamente a reserva ecológica nacional, as cheias e inundações e os incêndios florestais. Independente das várias obrigações legais ou instrumentos de apoio existentes, a forma como se processa a integração da cartografia de risco no ordenamento do território à escala municipal em Portugal é um tema pouco explorado pelo que para efeitos de desenho do sistema de apoio à decisão espacial, o ponto seguinte da tese é dedicado a este tema.

### **3.3. A INTEGRAÇÃO DA CARTOGRAFIA DE RISCO NA DEFINIÇÃO DO MODELO TERRITORIAL E IMPLICAÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DO SADE**

#### **3.3.1. A integração da cartografia de risco nas opções de uso do solo**

No processo de gestão do risco para suporte ao ordenamento do território, a integração de cartografia de risco nas opções de uso do solo, pela administração pública, não é uma prática recente nem inovadora (Peltier, 2005; Garrido, 2006; Fleischhauer *et al.* 2005, Schmidt-Thomé, 2006; Greiving *et al.* 2006), assumindo diferentes modalidades que importam analisar e refletir para que se possam evidenciar os impactos e limitações da utilização da cartografia de risco no ordenamento do território. O objetivo deste ponto é conhecer os modelos de integração da cartografia de risco no ordenamento do território à escala municipal, para contextualizar a pertinência do tema no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e fundamentar o desenho conceptual do mesmo. Neste contexto, importa compreender quais os fatores subjacentes à origem da cartografia de risco nos processos de planeamento e as limitações técnicas da cartografia de risco, para posteriormente se analisarem as implicações práticas da cartografia de risco na definição do modelo territorial e gestão do território, no âmbito dos processos de revisão dos planos diretores municipais. Nesta fase, importa relembrar a questão de investigação enunciada no ponto 1.3:

- De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?

O foco deste ponto está no desenvolvimento do SADE, com a construção da base de conhecimento do sistema, para identificar as especificidades das metodologias de desenvolvimento e integração da cartografia de risco nas opções de uso do solo pelos municípios nos processos de revisão dos planos diretores municipais; e mais especificamente a identificação dos princípios de delimitação e de construção nas diferentes classes de risco que farão parte do modelo de análise de risco.

Para a validação da hipótese de investigação foi desenhado um guião de entrevista (ANEXO I-A), a aplicar de forma semiestruturada, que permitiu a realização de entrevistas de forma normalizada entre os casos de estudo e a obtenção de dados importantes que não foram considerados inicialmente no guião e que apesar de não influenciarem diretamente o desenho conceptual do SADE integraram a análise das entrevistas. A flexibilidade desta abordagem, permitiu obter respostas diversificadas (ANEXO I-B), diferentes pontos de vista e conteúdos de elevado valor-acrescentado para o trabalho de análise.

A seleção dos casos de estudo baseou-se nos municípios que identificaram nos PDMs de 2.<sup>a</sup> geração, a partir do ano de 2009, nos elementos documentais constituintes descritos no regulamento, qualquer tipo de cartografia de risco, conforme descrito no ponto 4.2.1.3. Com base na seleção inicial dos municípios e na disponibilidade em participar no estudo, foram entrevistados os municípios de Lisboa, Ribeira Brava, Vale de Cambra, Vila Franca de Xira e Vila Pouca de Aguiar. Em todos os casos, direcionou-se o perfil dos entrevistados para o responsável no município pelo processo de revisão do plano diretor municipal, por forma a ser possível obter-se o conhecimento do processo técnico e das opções políticas.

Para a análise das transcrições das entrevistas foi utilizado o *software* ATLAS.ti. Este *software* é dedicado à análise qualitativa de dados providenciando um conjunto de ferramentas de codificação e de análise de redes que facilitam a interligação de conceitos, a interpretação e a apresentação de resultados. Tratando-se de um *software* comercial a sua escolha deveu-se ao facto da licença de demonstração (*trial*), apesar de limitada, efetuar as análises pretendidas de uma forma simples e rápida.

### **3.3.2. Modelo de análise**

O modelo subjacente à análise qualitativa dos dados baseou-se na abordagem analítica assistida por computador, designada por Friese (2014), como análise "NCT" ou Recolha (Noticing things), Codificação (Collecting things) e Análise (and Thinking about things). As três setas bidirecionais que estão no modelo, indicam, segunda a autora, que se trata de um processo de análise linear que se inicia na observação do fenómeno, segue para a recolha de dados sobre o fenómeno e termina na reflexão e análise dos resultados (Figura 19).

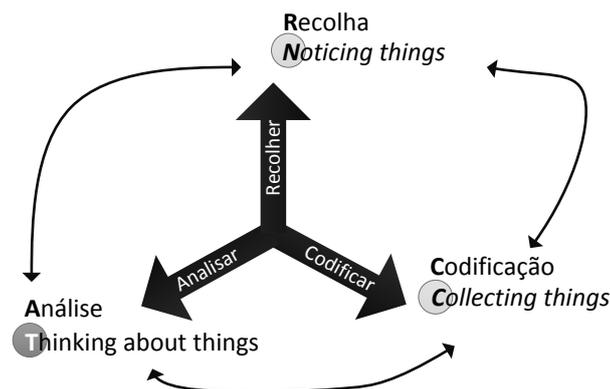


Figura 19 - O modelo de análise qualitativa de dados NCT (Adaptado de Friese, 2014: 12)

A componente de observação e pesquisa inicial do fenómeno, quer seja através da leitura de bibliografia, notas de campo, documentos, relatórios, notícias de jornal, vídeos, fotografias, registos áudio ou qualquer outra fonte, exige o registo ou a sinalização dos elementos que possam ser interessantes ou integráveis na componente de análise do fenómeno. A segunda componente do modelo, corresponde, de acordo com a autora, à fase de codificação de elementos comuns ou recolha de segmentos de dados uniformes. A codificação dos dados recolhidos, segundo o modelo NCT não exige nenhuma abordagem teórica estabelecida de codificação, podendo esta ser realizada previamente, em modo aberto ou à posteriori. A terceira componente do modelo diz respeito à análise de padrões e de relações entre os dados para desenvolver um quadro compreensivo do fenómeno estudado, designadamente através de análise de redes, pesquisas estruturadas ou exploração cruzada dos dados. Apesar das três componentes serem apresentadas sequencialmente, apresentam um carácter bidirecional que permite retroceder uma fase do processo ou mesmo proceder a nova análise do fenómeno com base em novos *inputs*.

### 3.3.3. A recolha de dados

Para além das questões iniciais referentes à identificação da entrevista e do entrevistado, a entrevista foi organizada em três grupos de questões. Conforme se pode verificar na Figura 20, o primeiro grupo de questões procura identificar a origem e o propósito da cartografia de risco, designadamente o contexto em que foi elaborada a cartografia de risco, por quem e quem deveria assumir o processo de elaboração da mesma. O segundo grupo de questões centra-se nas limitações técnicas verificadas no processo de elaboração da cartografia de risco, designadamente no que se refere às dificuldades com os conceitos e modelos utilizados, disponibilidade de dados, conhecimentos ou disponibilidade de recursos financeiros.

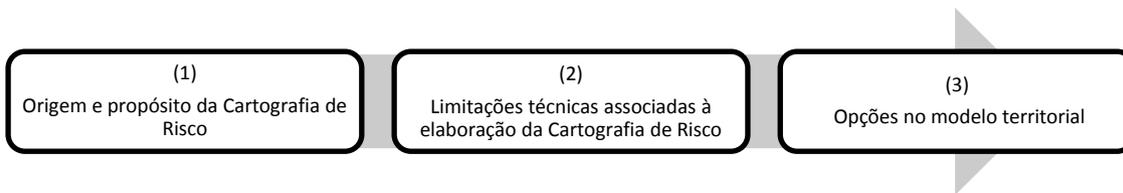


Figura 20 - Esquema simplificado das questões colocadas nas entrevistas

No terceiro e último grupo de questões referente às implicações da elaboração da cartografia de risco no modelo territorial, procurou-se identificar quais as opções tomadas nas áreas não ocupadas no que se refere aos perigos/riscos adotados, classes de perigo/risco e consequências em termos de regulamento. Nas áreas ocupadas, a questão colocada incidiu sobre a estratégia preconizada no PDM para as edificações em áreas de elevada perigosidade. A última questão, procurou aferir se na consulta pública do PDM houveram questões/sugestões relacionadas com a cartografia de risco, se houveram alterações à posteriori e se estas tiveram motivação técnica ou política.

Foram contactados nove municípios tendo sido possível recolher dados junto de seis deles (Lisboa, Oeiras, Ribeira Brava, Vila Pouca de Aguiar, Vale de Cambra e Vila Franca de Xira). A escolha dos municípios apesar de não ser representativa do universo dos municípios em Portugal, enquadra-se no perfil pretendido, ou seja, apresentam nos elementos documentais constituintes descritos no regulamento do PDM qualquer tipo de cartografia de risco ou encontram-se num processo de revisão do PDM onde se prevê a inclusão da mesma nos novos regulamentos do PDM. Em termos gerais, os entrevistados têm responsabilidade técnica no processo de elaboração/revisão do PDM ou participaram no mesmo. As entrevistas foram realizadas entre julho de 2014 e fevereiro de 2015. As entrevistas foram realizadas presencialmente tendo-se recolhido as respostas em papel, tendo uma duração média de 30 minutos. Uma das entrevistas foi realizada telefonicamente e outro contacto, pela indisponibilidade de ser realizada presencialmente, foi efetuado por *e-mail*.

#### **3.3.4. Codificação e análise qualitativa das entrevistas**

Após a realização das entrevistas, e tendo presente a análise dos conteúdos das entrevistas, executaram-se um conjunto de passos, de acordo com a metodologia adotada (Frieze, 2014), designadamente a preparação dos ficheiros com as transcrições das respostas obtidas nas entrevistas e definição do projeto; a leitura e codificação dos dados; e a análise e categorização.

A sequência simplificada de passos apresentada anteriormente pode ser detalhada no esquema seguinte, onde é possível de perceber que se tratou de um processo recursivo de leitura, codificação e análise dos dados (Figura 21).

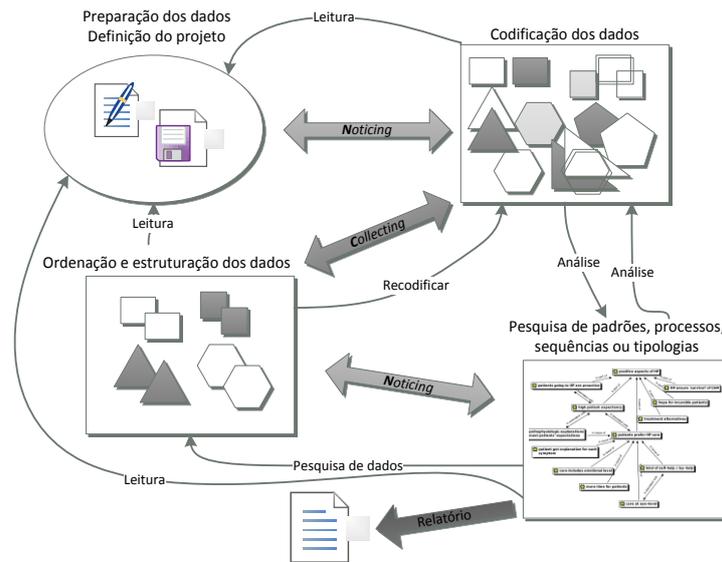


Figura 21 - Esquema simplificado das questões a colocadas nas entrevistas (Adaptado de Frieese, 2014: 15)

Nos pontos seguintes, apresentam-se os resultados deste processo analítico, utilizando-se como ferramenta de análise a vista de rede (*network view*) do *software* Atlas.ti, acompanhando a explicação da categorização e das relações entre nós da rede com citações retiradas das entrevistas (Figura 22).

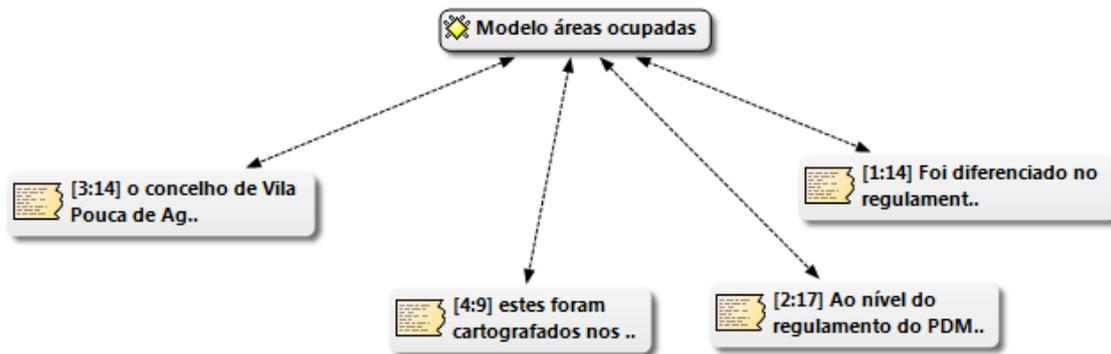


Figura 22 – Exemplo de vista de rede: Questão 10

### 3.3.4.1. Origem da cartografia de risco

As respostas à questão sobre o contexto em que foi elaborada a cartografia de risco que integrou a elaboração/revisão do PDM evidenciam, em primeiro lugar, que o contexto de elaboração da cartografia de risco decorre do próprio processo de elaboração/revisão do PDM. No que respeita à cartografia de risco de incêndio florestal é referido a sua elaboração no contexto do Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) e integração do processo de elaboração/revisão do PDM, decorrente da obrigatoriedade legal associada ao Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho. No caso dos municípios de Vale de Cambra e Vila Franca de Xira importa referir que a integração de cartografia de risco no processo de elaboração/revisão do PDM é anterior ou próxima do Despacho n.º 27660/2008, de 29 de outubro que constituiu o grupo de trabalho que teve por missão elaborar um guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas

de informação geográfica (SIG) de base municipal, publicado em setembro de 2009, não tendo constituído, como refere o município de Vila Franca de Xira, “impedimento para que o município não tivesse preocupações na identificação do risco, e que o mesmo seria um elemento importante para as propostas de ocupação do solo do concelho”.

A segunda questão que se refere a quem produziu a cartografia de risco está associada à questão inicial, refletindo as respostas genericamente dois contextos de produção da cartografia de risco que variam em função do processo de elaboração/revisão do PDM ter de ser conduzido internamente pelos técnicos dos municípios ou por uma entidade externa que prestou o serviço. Nos municípios de Vila Franca de Xira, Vila Pouca de Aguiar e Ribeira Brava o processo de elaboração/revisão do PDM foi externo e resultou de opções políticas. Os processos elaboração/revisão levados a cabo internamente pelos municípios não constituíram impedimento para a execução da cartografia de risco.

Relativamente à pergunta sobre quem deveria elaborar a cartografia de risco, as respostas de todos os entrevistados indicam que os municípios devem assumir essa responsabilidade.

Sobre os motivos para esta assunção de responsabilidade o argumento do entrevistado do município de Lisboa incide no facto dos “*municípios deterem um conhecimento profundo do território*”. O mesmo argumento é apresentado pelo interlocutor do município de Vale de Cambra, referindo a este propósito que “ a identificação de risco passa pelo conhecimento que muitas vezes os técnicos da administração local têm do território, neste caso, defendendo que a cartografia de risco deveria ser elaborada pela Autarquia. Em conclusão deve haver uma articulação entre os vários níveis de poder, devendo a elaboração pertencer à Autarquia”.

#### **3.3.4.2. As limitações técnicas da cartografia de risco**

Quanto à existência de limitações/dificuldades relativamente aos conceitos e modelos adotados na produção da cartografia de risco, a generalidade dos entrevistados refere que não existiram dificuldades nesta matéria. A este respeito, o entrevistado do município de Vale de Cambra, justifica que os conceitos e os modelos adotados na produção da cartografia de risco correspondem a conceitos que os técnicos dominam pelo facto de trabalharem com os mesmos em contexto das funções que exercem, designadamente o gabinete técnico florestal e a equipa do plano diretor municipal. O entrevistado do município de Lisboa salientou nesta matéria a necessidade de clarificar junto da Administração Central algumas opções técnicas relativamente à carta de suscetibilidade de movimentos de massa em vertentes, pelo facto de ter adotado uma metodologia física em detrimento de uma abordagem probabilística.

A inexistência de dados ou a dificuldade no acesso aos mesmos constitui não raras vezes um entrave à elaboração de análise de risco e especificamente de cartografia de risco. Sobre esta temática, a generalidade dos entrevistados não refere dificuldades significativas. No entanto, o entrevistado do município de Vila Pouca de Aguiar realça a existência de dificuldades associadas à desatualização da cartografia de base, enquanto o entrevistado do município de Vale de Cambra refere como dificuldade a dispersão das fontes de dados e a dificuldade onde procurar os dados base necessários a trabalhos desta natureza.

Importa salientar no que respeita à existência de dificuldades relativamente ao conhecimento ou recursos na produção da cartografia de risco, nalguns casos a produção dessa cartografia foi enquadrada em projetos financiados e, por esse motivo, as limitações financeiras constituíram um constrangimento. Por outro lado, e relativamente à disponibilidade de recursos físicos computacionais (como o *hardware* ou o *software*) é salientado pelo entrevistado do município de Vale de Cambra que hoje em dia com a disponibilidade de *software* livre e a possibilidade de o utilizar em computadores com menos recursos facilita a produção de cartografia de risco. Para além das referências anteriores, a generalidade dos entrevistados não identifica a existência de limitações de recursos na produção de cartografia de risco.

### **3.3.4.3. Implicações Práticas da Cartografia de Risco na Definição do Modelo Territorial e na Gestão do Território**

Sobre a existência de questões/sugestões relacionadas com a cartografia de risco e as suas implicações no ordenamento do território, a totalidade dos entrevistados classifica a participação como reduzida ou nula. No caso do município de Lisboa, segundo a entrevistada, a Ordem dos Engenheiros e o Instituto Superior Técnico, realçaram a inexistência no processo de revisão do PDM de cartografia geotécnica. No Relatório de Ponderação da Discussão Pública do Plano Diretor Municipal de Lisboa, é possível de verificar oito referências a questões relacionadas com a prevenção e redução de riscos coletivos. Contudo, não existe qualquer referência objetiva à cartografia de risco, o que se refletiu na inexistência de alterações à Planta de riscos naturais e antrópicos I e Planta de riscos naturais e antrópicos II do PDM de Lisboa.

O entrevistado do município de Vale de Cambra, relativamente à reduzida participação dos cidadãos nos processos de consulta pública, salienta que a reduzida participação se “deve ao facto da população em geral não estar sensibilizada para estas questões. O que prevalece nesse tipo de participação é a defesa do interesse individual”.

No que diz respeito à concertação da cartografia de risco com os municípios vizinhos, todos os entrevistados referiram que não existiu, apesar da articulação ao nível das classes de ordenamento efetuada em sede de comissão de acompanhamento. No caso do município de Lisboa, o motivo indicado para esta segmentação territorial e temática da cartografia de risco, assenta no facto de ter sido o primeiro município a aprovar a revisão do PDM e pela inexistência, à época, de cartografia de risco nos municípios vizinhos. Pelo facto de alguma cartografia de risco ter sido desenvolvida num projeto intermunicipal, cujo promotor foi a associação de municípios, o município de Vila Pouca de Aguiar verificou a uniformidade de alguns perigos, apesar de no contexto da revisão do PDM, também não ter sido uma preocupação.

Para a questão 9, sobre o modelo adotado nas áreas não ocupadas, os entrevistados maioritariamente indicam que este se encontra expresso no regulamento. Por este motivo sintetizaram-se para os municípios entrevistados os perigos/riscos integrados nos regulamentos, as classes indicadas no regulamento e as principais implicações para o ordenamento do território descritas no articulado (Quadro 11). Apesar de incluírem diferentes

perigos/riscos no regulamento, manifestando dessa forma diferentes prioridades, importa referir a utilização de diferentes componentes da análise de risco, designadamente a suscetibilidade, perigosidade, vulnerabilidade e risco. Para além desta característica, verifica-se que a utilização das diferentes classes de perigosidade/risco não é um caso isolado, designadamente o caso de Lisboa e Ribeira Brava e que nalguns perigos/riscos, devido a constituírem um imperativo legal (incêndios florestais), o modelo é marcadamente proibicionista.

As principais implicações para o ordenamento do território variam em função do perigo/risco, componente e classe utilizada em regulamento desde a simples e básica proibição (ex. Vila Pouca de Aguiar) até à exploração da suscetibilidade que proíbe a edificação ou a condicionam em função das classes ou exigem “estudos prévios” e/ou mediante a elaboração de pareceres.

Quadro 11 - Síntese das principais implicações para o ordenamento do território associadas à cartografia de risco

Município	Perigos/Riscos representados	Componente	Classes utilizadas em regulamento	Principais implicações
Lisboa	Inundações	Vulnerabilidade	muito elevada	É interdita a ocupação do subsolo com algumas exceções.
			elevada e moderada	Na ausência de dados de caracterização hidrogeológica, condicionam-se as operações urbanísticas à apresentação desses dados.
	Efeito de maré direto	Suscetibilidade	(classe única)	Articula com o perigo das inundações.
	Movimentos de massa em vertentes	Suscetibilidade	muito elevada ou elevada	Não são admitidas operações urbanísticas quando coincidam com espaços verdes na Planta de qualificação do espaço urbano. Nas restantes zonas exige -se a apresentação de um estudo prévio integrado que demonstre a aptidão para a construção.
moderada			Exige-se parecer elaborado por técnicos ou entidades credenciados, baseado em estudo geológico geotécnico	
Sismicidade	Vulnerabilidade (solos)	muito elevada e elevada	Pode ser solicitado à entidade interveniente estudos complementares geológicos, hidrogeológicos ou geotécnicos.	
Oeiras	Zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias	Perigosidade	-	São interditos determinados usos. As operações de reconstrução, alteração e ampliação do edificado, são admitidas desde que não agravem ou contribuam para agravar o risco identificado, devendo, designadamente assegurar que as cotas dos pisos de habitação são superiores à cota local da máxima cheia conhecida.
	Sismicidade	Vulnerabilidade de (solos)	-	Os planos de urbanização, os planos de pormenor ou o regulamento municipal de urbanização e edificação devem, em função da vulnerabilidade sísmica dos solos fixar as regras e restrições à edificação.

	Movimentos de massas em vertentes	Suscetibilidade	-	Os projetos de arquitetura de novas edificações devem ser acompanhados de um estudo prévio integrado que demonstre a aptidão para a construção em condições de total segurança de pessoas e bens e que defina a melhor solução a adotar para a estabilidade da área em causa. Nestas áreas não devem ser instalados equipamentos de utilização coletiva como hospitais e escolas, bem como equipamentos ou infraestruturas adaptáveis à utilização temporária dos diversos agentes de Proteção Civil.
	Incêndios		.	(Sem representação cartográfica)
<b>Ribeira Brava</b>	Movimentos de Massa em Vertentes	Suscetibilidade	elevada	Apenas são permitidas obras de reconstrução, alteração e ampliação nos casos indispensáveis à garantia das condições de habitabilidade ou funcionamento do edificado existente, sendo interditas novas construções com algumas exceções.
			moderada	Qualquer tipo de intervenção urbanística tem de ser precedida de estudos geológico-geotécnicos e hidrogeológicos específicos, integrados e sistematizados, de modo a adotar as soluções técnicas que garantam a compatibilidade e adequabilidade do uso e a fiabilidade construtiva.
			baixa	Devem ser adotadas soluções técnicas que garantam a compatibilidade e adequabilidade do uso e a fiabilidade construtiva.
	Cheias e inundações	Suscetibilidade		São interditos os seguintes usos e ações: a) Construção e ampliação de edificações existentes destinadas a usos de habitação, indústria, comércio, serviços, empreendimentos turísticos e equipamentos de utilização coletiva em solo rústico; b) Construção de edificações destinadas a usos de habitação, indústria, comércio, serviços, empreendimentos turísticos e equipamentos de utilização coletiva em solo urbano; c) Ampliação de edificações existentes destinadas a usos industriais e de energia e recursos geológicos; e) Construção de subestações de tração para eletrificação do reforço da alimentação em linhas existentes;
	Incêndios Florestais	Perigosidade	elevada	É interdita a construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria fora de solo urbano e dos solos definidos pelo RPDMRB como "Aglomerados Rurais", e de postos de abastecimento combustível e edificações para atividades perigosas.
<b>Vale de Cambra</b>	Incêndio florestal	Risco	elevado ou muito elevado	Consideram -se non aedificandi os espaços florestais classificados no Plano de Defesa da Floresta Contra Incêndios.
<b>Vila Franca de Xira</b>	Geotécnico (instabilidade de vertentes)	Risco	áreas desaconselháveis à construção	A construção só é permitida caso seja comprovado por estudo geotécnico de maior detalhe.
			áreas muito condicionadas à construção	Quando se localizam em solo urbano, devem ser ocupadas por espaços a afetar a estrutura ecológica urbana, e só podem ser edificadas nos casos em que se mostre ser absolutamente necessário, ou a menos que seja comprovado por estudo geotécnico de maior detalhe.
	Zonas inundáveis		zonas inundáveis	A ocupação das zonas inundáveis varia em função do Solo Urbano edificado, Solo Urbano não edificado, Estrutura Ecológica Urbana e Solo Rural.
<b>Vila Pouca de Aguiar</b>	Incêndio florestal	Risco	alta e muito alta	A construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria, fora das áreas consolidadas, é interdita nos terrenos classificados com risco de incêndio das classes alta ou muita alta, sem prejuízo das infraestruturas definidas nas redes regionais de defesa da floresta contra incêndios.

No que concerne à identificação da estratégia subjacente à edificação existente em áreas de elevada perigosidade, os entrevistados associam a sua estratégia ao regulamento. Vila Pouca

de Aguiar sobre esta matéria refere que nalgumas situações edificadas localizadas em áreas sensíveis, sujeita o seu desenvolvimento a parecer da administração central.

Para a questão acerca da edificação em áreas de elevada perigosidade, o município da Ribeira Brava, evidencia no regulamento do PDM, relativamente ao perigo de movimentos de vertente, que nestas áreas apenas são permitidas obras de reconstrução, alteração e ampliação nos casos indispensáveis à garantia das condições de habitabilidade ou funcionamento do edificado. Para além desta posição e no que concerne à construção de estruturas de proteção, permite todas as construções com vista à redução do risco e à salvaguarda de pessoas e bens. No caso do município de Vila Franca de Xira, a ocupação de zonas inundáveis em solo urbano edificado admite a construção de novas edificações que correspondam à substituição de edifícios a demolir, à reconstrução de edifícios existentes, ou à construção de novas edificações que correspondam à colmatação da malha urbana existente. Por outro lado, interdita a construção de caves e aterros, obrigando a que a cota do piso inferior das edificações seja superior à cota local da máxima cheia conhecida. Ainda sobre esta questão, o entrevistado do município de Oeiras refere que estas situações dependem da ocupação, e que em situações de ocupação ilegal em zonas de risco, designadamente risco de cheias a opção terá de passar, a prazo, pela demolição das ocupações.

Nenhum dos entrevistados referiu qualquer abordagem direcionada para a expropriação ou qualquer outra estratégia de transferência do risco.

### **3.4. SÍNTESE E CONCLUSÕES**

Não obstante, o Despacho conjunto n.º 27660/2008, de 29 de outubro, dos Secretários de Estado da Proteção Civil e do Ordenamento do Território e das Cidades, que constituiu o grupo de trabalho que teve por missão elaborar um guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal, ser um marco temporal em Portugal para a integração da cartografia de risco no ordenamento do território, foi possível de verificar através das entrevistas realizadas que esta integração constitui uma preocupação e prática anterior a 2008, apesar de assumir perfis diferenciados na identificação e seleção dos riscos.

Relativamente às implicações práticas da cartografia de risco no modelo territorial, e tendo presente os resultados das entrevistas, importa destacar a fraca participação pública, refletindo por um lado, o reduzido envolvimento e interesse da população, e por outro lado, o facto da temática da integração da cartografia de risco nos processos de ordenamento do território ser recente.

Quanto à concertação da cartografia de risco com os municípios vizinhos, os resultados das entrevistas demonstraram que a integração da cartografia de risco no ordenamento do território é caracterizada por uma segmentação temática e territorial, traduzida na prática por municípios vizinhos identificarem diferentes perigos/riscos nos seus territórios.

A integração da cartografia de risco nos processos de revisão dos planos diretores municipais dos municípios entrevistados é efetuada de forma diferenciada quanto aos perigos/riscos incluídos nas peças desenhadas ou no regulamento. Apesar de haver um conjunto de

perigos/riscos que são comuns a todos os municípios entrevistados, verifica-se que nem sempre os perigos/riscos cartografados têm reflexo no regulamento.

Sobre as opções de integração da cartografia de risco nos modelos territoriais, importa referir a utilização na cartografia de diferentes conceitos da análise de risco, designadamente a suscetibilidade, perigosidade, vulnerabilidade (utilizando os conceitos corretamente ou não) de forma separada e nunca de forma integrada. No que respeita às classes da cartografia de risco utilizadas no regulamento, para o caso dos incêndios florestais que trata-se de um modelo binário (sim/não), associado a uma obrigação legal, que na classe de perigosidade elevada e muito elevada proíbe a edificação. Ainda sobre este perigo/risco, deve ser destacada a solução de integração deste tema no processo de ordenamento do território como uma condicionante móvel, tendo como objetivo ultrapassar a evolução permanente e conseqüente desatualização do uso e ocupação do solo. Para as cheias/inundações, o modelo preconizado é também binário, apesar de poder ser mais ou menos restritivo em função de se tratar de uma área ocupada ou não ocupada. No caso do perigo/risco de movimentos de vertente, o modelo adotado é na maioria dos casos, do tipo semaforico, variando as regras e restrições de ocupação do solo em função da classe de suscetibilidade. Esta solução, utiliza todas as classes da cartografia de suscetibilidade no modelo territorial, sendo mais restritiva na classe de elevada suscetibilidade e menos restritiva na classe de baixa suscetibilidade.

Em jeito de síntese e tendo presente a pertinência do tema evidenciada pela integração da cartografia de risco nos processos de revisão dos planos diretores municipais, importa referir para efeitos de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e do seu desenho conceptual que os perigos/riscos incorporados nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais dependem fundamentalmente das obrigações legais e são integrados de forma individual e com uma ligação ao regulamento que se relaciona apenas com as classes de maior perigosidade/suscetibilidade, evidenciado que não existe ainda integração com as várias dimensões da vulnerabilidade. A utilização da componente da perigosidade com a vulnerabilidade de forma integrada constitui, face à situação existente diagnosticada um dos eixos de desenvolvimento que se procurará colmatar e desenvolver na implementação do sistema de apoio à decisão espacial para suporte ao ordenamento do território.

## 4. COMPONENTES DO SADE PARA A GESTÃO DO RISCO

**Sinopse do capítulo:** O presente capítulo, tem por objetivo a apresentação dos componentes do SADE, designadamente o seu conteúdo e relações entre si. Para que seja considerado um sistema de apoio à decisão, a sua configuração deverá integrar obrigatoriamente algumas componentes. Apesar de existirem várias propostas para as componentes de um sistema de apoio à decisão, como é o caso de Malczewski (1997), nesta tese optou-se pela organização das componentes do sistema proposta por Sugumaran e DeGroot (2011) e que segue a organização geral da Figura 23, por permitir a identificação, estruturada, das componentes essenciais do sistema (Subcapítulos 4.1 e 4.2 referentes ao SIG).

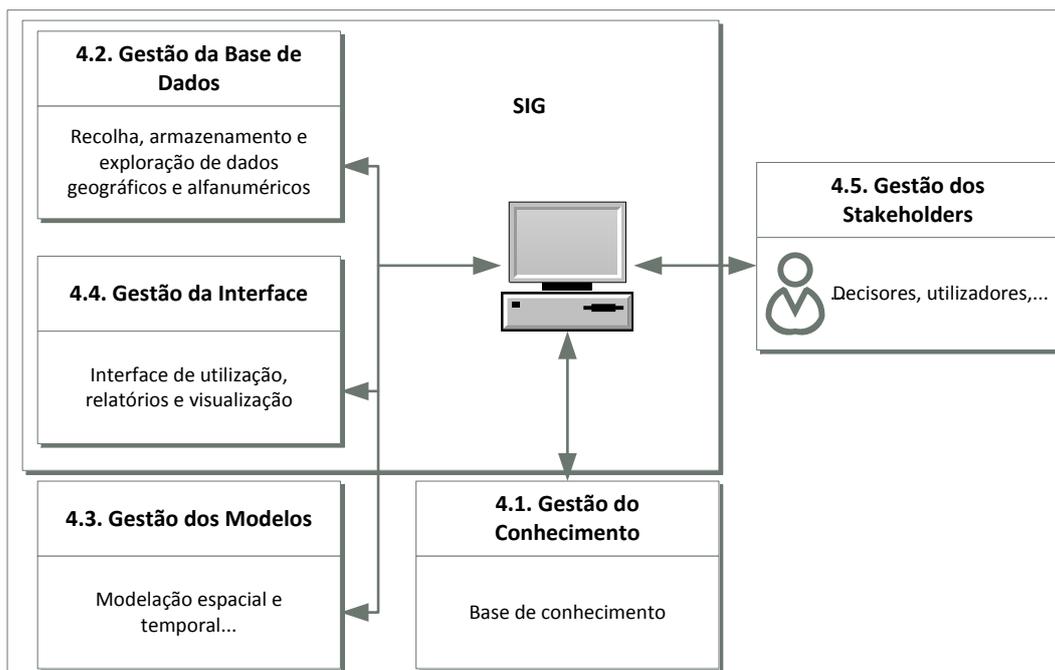


Figura 23 - Componentes do SADE e associação aos subcapítulos (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 69)

Nos pontos seguintes apresentam-se as várias componentes do sistema que se pretende implementar: a componente de conhecimento (Subcapítulo 4.1) onde se analisa o conceito de risco adotado; a componente de gestão de base de dados (Subcapítulo 4.2), onde se descrevem os temas e tabelas alfanuméricas que farão parte do sistema; a componente de gestão do modelo (Subcapítulo 4.3 onde se descreve a opção pela análise multicritério na avaliação de risco e o modelo de transformação do uso do solo adotado; a componente de gestão do interface (Subcapítulo 4.4), onde se analisam as opções e requisitos sobre o canal de interação entre os utilizadores e o sistema e a componente dos atores/decisores (Subcapítulo 4.5), onde se analisa a governança do risco.

**Palavras-chave:** sistema de apoio à decisão espacial; risco; análise multicritério; base de dados; interface; governança do risco.

**Questão de investigação:** Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão espacial que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?

## **4.1. A COMPONENTE DE CONHECIMENTO – RISCO, CONCEITOS E ASPETOS TEÓRICOS**

O objetivo da componente de gestão de conhecimento é providenciar o conhecimento especializado para apoio aos utilizadores poderem encontrar uma solução para determinado problema ou providenciar orientação no processo de tomada de decisão ou na seleção de modelos analíticos (Sugumaran e DeGroot, 2011). Para a implementação do sistema de apoio à decisão que integre a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo é central definir o conceito de risco que suportará a avaliação de risco. Nos pontos seguintes discutem-se as várias perspetivas conceptuais existentes e relembram-se os conceitos adotados na implementação do sistema, em articulação com a síntese de conceitos efetuada no ponto 1.8.

### **4.1.1. Risco, conceitos e aspetos teóricos**

Não constitui objetivo da presente tese, analisar ou discutir a definição conceptual de risco. No entanto, é imperioso, no contexto da implementação de um sistema de apoio à decisão espacial na gestão dos riscos para suporte ao ordenamento do território, abordar quais os conceitos que são ou poderão ser utilizados para esse efeito e em que moldes. O significado de risco é variado, repleto de confusão e de controvérsia. Sobre os diferentes entendimentos conceptuais do termo risco, Emrich (2005:7) na sua tese de doutoramento avalia várias perspetivas e utilizações para o termo risco, fazendo notar que o risco no estudo de riscos naturais, tem muitos usos, envolve um grande número de disciplinas e é apenas uma parte do problema da incompreensão dos resultados das diversas disciplinas na área da pesquisa sobre desastres naturais.

Apesar do conceito variar de autor para autor, entre diferentes áreas científicas, a terminologia para o risco definida pela Organização Internacional de Normalização (ISO), no seu documento, *ISO/IEC Guide 73 Risk Management - Vocabulary - Guidelines for use in standards* apresenta uma larga disseminação. Dentro desta terminologia o termo risco é definido como “a combinação da probabilidade de um acontecimento e das suas consequências” (ISO/IEC Guide 73, 2002).

Esta definição pode ser encontrada em vários glossários elaborados com o objetivo de sintetizar os diferentes termos utilizados no domínio da minimização de riscos. Dos vários glossários existentes, destaca-se o documento “*Components of Risk - A Comparative Glossary*” da autora Thywissen (2006) que, de forma comparativa, mas sem ser exaustiva, concentra uma seleção de termos usados em várias disciplinas e que são componentes da área de investigação associada aos riscos. Outros glossários que concentram uma seleção de termos com relevância no domínio dos riscos são os publicados pela *United Nations International Strategy for Disaster Reduction “Living with Risk - A global review of disaster reduction initiatives”* (UNISDR, 2004) e “*Terminology on Disaster Risk Reduction*” (UNISDR, 2009), onde se incluem os termos, que são fundamentais para o entendimento contemporâneo e evolução das práticas de minimização do risco, com o objetivo de criar uma terminologia universal.

Com um enfoque especial no domínio do ordenamento do território, Schmidt-Thomé *et al.* (2007) elaboraram um glossário que fornece uma visão geral concisa sobre os termos mais importantes utilizados na análise da perigosidade e avaliação de risco relevante para o ordenamento do território, tendo adotado no projeto a definição clássica onde o risco resulta

de uma função que integra as componentes da perigosidade (P), vulnerabilidade (V) e valor dos elementos expostos (E) (Varnes, 1984; Delmonaco *et al.*, 2006; European Commission, 2010).

$$R = f(P * V * E), \text{ onde } P=\text{Perigosidade}; V=\text{Vulnerabilidade e } E=\text{Valor dos elementos expostos.}$$

Com um enfoque no planeamento urbano e em programas de desenvolvimento, Wamsler (2007) apresenta a definição de risco que consta na Figura 24.



Figura 24 – Definição de risco segundo Wamsler, 2007: 106

Com a definição alargada de risco, a autora procurou demonstrar de que todas as componentes de risco identificadas (Perigo, Vulnerabilidade, Capacidade de Resposta e de Recuperação, a prevenção, as medidas de mitigação, a transferência do risco através de seguros ou o estado de prontidão na recuperação), estão ligadas ao planeamento de programas de desenvolvimento local, influenciando os diferentes níveis de risco (Figura 25).

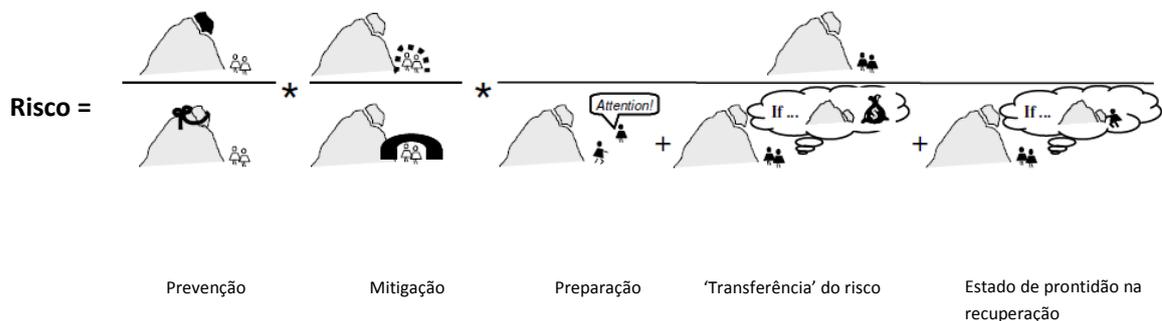


Figura 25 - Definição alargada de risco segundo Wamsler, 2007: 106

Esta definição em particular e outras definições mais recentes em geral, evidenciam a evolução que o conceito tem sofrido desde os anos setenta, onde os discursos foram sofrendo uma mudança gradual de paradigma focado na resposta, para a melhoria da resposta e prontidão, para a mitigação do risco, a redução da vulnerabilidade, a gestão integrada de riscos e catástrofes, e, finalmente, a promoção da gestão de risco em programas de desenvolvimento local. A propósito da mudança de paradigma na gestão do risco, Westen *et al.* (2011), descrevem essa evolução a partir de uma abordagem centrada no perigo, inclusão da componente da vulnerabilidade das comunidades e capacidade de resposta para uma abordagem que reconhece a complexa interação entre perigosidade, vulnerabilidade e capacidade das comunidades em risco.

Fórmula:	Foco:
R ≈ P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perigosidade (P)</li> </ul>
↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamento das medidas de mitigação</li> </ul>
R ≈ P x V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vulnerabilidade (V)</li> </ul>
↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de risco quantitativa</li> </ul>
R ≈ P x V / C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vulnerabilidade &amp; capacidade de resposta (C)</li> </ul>
↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base comunitária para a minimização do risco</li> </ul>
R ≈ P (v,c) x V (p,c) / C (p,v)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interações complexas entre perigosidade (p), vulnerabilidade (v) e capacidade de resposta (c)</li> </ul>

Adaptado de Westen *et al.* (2011:1-16)

Também na geografia, o significado de risco é variado e alvo de discussão conceptual. A este respeito Queirós *et al.* (2007) afirma que “como em qualquer ciência, existem discussões na geografia portuguesa neste domínio da análise do risco, que se prende sobretudo com a terminologia a propósito dos “riscos”, fazendo uma síntese das principais abordagens teóricas da geografia portuguesa, designadamente, em Rebelo (1999, 2001), Rodrigues (1998) e Zêzere (1997). Mais recentemente, Souza e Lourenço (2015) fazem uma revisão do conceito de risco tendo presente diferentes abordagens científicas e onde é analisada a contribuição da Geografia no suporte teórico do risco.

#### 4.1.2. Conceito de risco adotado no SADE

Independentemente da evolução temporal do conceito, da maior ou menor normalização do termo risco, das diferentes perspetivas que os glossários evidenciam ou da inclusão da componente da prevenção e da mitigação na equação do risco, importa no contexto desta tese relembrar que a definição de risco adotada (ver ponto 1.8) é a proposta por Julião *et al.* (2009: 22) em que risco (R) é “a probabilidade de ocorrência de um processo (ou ação) perigoso e respetiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos”, assumindo-se como o produto da perigosidade (P) pela consequência (C):

$$R = f(P * C) , \text{ onde } P=\text{Perigosidade}; C=\text{Vulnerabilidade} * \text{Valor (Elementos expostos)}.$$

Adicionalmente aos conceitos propostos por Julião *et al.* (2009:23) é sugerida uma metodologia em que “a localização do risco resultará da sobreposição de cada carta de suscetibilidade com a carta dos elementos expostos, correspondendo aos territórios que, tendo sido identificados como suscetíveis a determinado perigo, também apresentam elementos expostos vulneráveis a esse perigo”, tratando-se, como nota Garcia (2012:345), de uma abordagem simplificada.

O motivo da adoção dos conceitos e abordagem proposta por Julião *et al.* (2009), prende-se com o facto do “Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de Base Municipal” constituir uma orientação emanada pela administração central (editada pela Autoridade Nacional de Proteção Civil, Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português) de âmbito municipal que visa a uniformização de conceitos técnicos e de metodologias de identificação, a representação cartográfica da informação e a integração

da informação a produzir nos vários níveis de planeamento e ordenamento, o que se revela de particular pertinência para a avaliação das abordagens e estratégias de integração do risco nos modelos territoriais de ordenamento do território no nível municipal. A este respeito, Garcia (2012:346) realça que um elemento não é vulnerável se não for afetado por nenhum perigo, que um perigo só causa risco se afetar um elemento e que o risco depende do grau de exposição do elemento, explicitando com estes exemplos a inter-relação entre os diferentes conceitos.

De acordo com Westen *et al.* (2011), as avaliações do risco podem ser realizadas através de vários métodos, podendo estes ser classificados em:

1. **Métodos qualitativos:** resultam em descrições qualitativas de risco nomeadamente alto, moderado e baixo. Estes são utilizados quando o perigo não pode ser expresso em termos quantitativos (a informação sobre o perigo não permite expressar a probabilidade de ocorrência, ou não é possível estimar a magnitude), e/ou quando a vulnerabilidade não pode ser expressa quantitativamente.
2. **Métodos semiquantitativos:** as técnicas semiquantitativas expressam o risco em termos de índices de risco. Estes são valores numéricos, frequentemente normalizados entre 0 e 1, não tendo um significado direto nos danos potenciais, constituindo indicações meramente relativas de risco.
3. **Métodos quantitativos:** estes expressam o risco em termos quantitativos, como probabilidades, ou perdas esperadas (valor monetário ou estratégico); eles podem ser determinísticos (com base num cenário) ou probabilísticos (tendo em conta o efeito de todos os possíveis cenários).

No contexto de desenvolvimento do SADE, o método de avaliação de risco adotado para os diferentes perigos é do tipo semiquantitativo, expressando o risco de forma relativa. Esta opção, em alternativa a uma abordagem quantitativa, encontra-se relacionada com a disponibilidade de dados para os perigos/riscos, possibilidade de adoção generalizada do método para diferentes casos de estudo, bem como a facilidade e rapidez na obtenção resultados. Adicionalmente, para efeitos de complemento da base de informação que servirá de apoio à tomada de decisão, inclui-se no SADE um método qualitativo, expresso através de uma matriz de risco adaptada de Saunders (2012). Em ambas as estratégias de avaliação, foi utilizada uma abordagem de análise multicritério, com o objetivo de possibilitar a criação de diferentes cenários que assimilassem as diversas perspetivas sobre a importância e valoração das várias componentes do risco.

## 4.2. A COMPONENTE DE GESTÃO DA BASE DE DADOS – TEMAS E TABELAS ALFANUMÉRICAS

A componente do sistema de gestão de base de dados desempenha um papel central na implementação do sistema, uma vez que permitirá armazenar a informação geográfica correspondente aos diferentes temas e tabelas alfanuméricas. Os temas e tabelas utilizadas na implementação do sistema encontram-se organizados por esquemas (grupos), conforme a Figura 26.

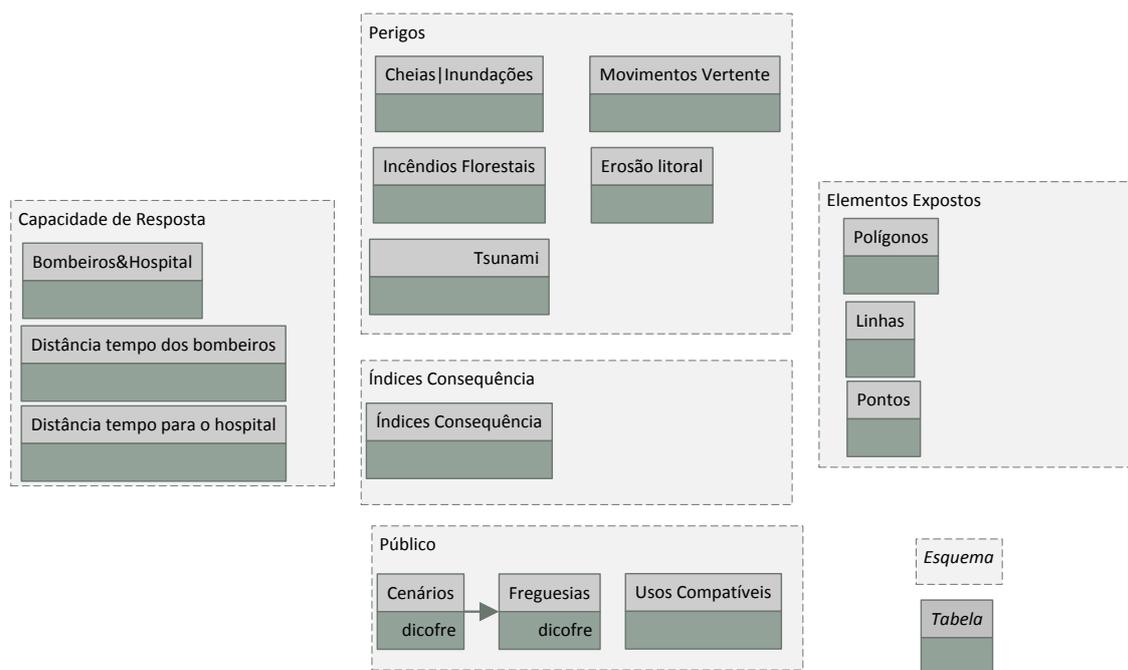


Figura 26 – Esquemas e tabelas da base de dados

No primeiro subcapítulo dedicado aos perigos abordam-se os aspetos teóricos e a integração dos perigos no ordenamento do território tendo como objetivo seleccionar os temas a utilizar na implementação do sistema. O segundo subcapítulo, dedicado à vulnerabilidade/índices consequência aborda os aspetos teóricos desta componente do risco e explica a abordagem utilizada na implementação do sistema. O terceiro e quarto subcapítulo explora as componentes relativas aos elementos expostos e à capacidade de resposta que, apesar de não integrarem formalmente a análise de risco, integram o sistema de apoio à decisão enquanto elementos auxiliares.

### 4.2.1. Perigos

#### 4.2.1.1. Definição e aspetos teóricos: Perigo

À semelhança do termo risco, o conceito de perigo assume múltiplos entendimentos (UNISDR, 2004; Thywissen, 2006), variando em função de diferentes pontos de vista (e escolas), podendo-se encontrar inclusive utilizações imprecisas para o termo. Importa para o objetivo desta tese, relembrar o conceito de perigo utilizado para efeitos de análise da integração do

risco nos modelos territoriais de ordenamento do território e de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial. Conforme se pode verificar no ponto 1.8, a definição de perigo adotada é a proposta por Julião *et al.* (2009: 20). Esta opção não se prende com o maior ou menor rigor científico do termo (que não se discute nem se coloca em causa), mas pelos mesmos motivos expostos anteriormente para a adoção do conceito de risco. Mais do que descrever as origens dos diferentes perigos, as suas características (fatores desencadeantes, extensão espacial, duração do evento, tempo de início, frequência, magnitude ou efeitos secundários) ou as questões técnicas associadas às metodologias de análise dos diferentes perigos, importará listar/analisar quais os perigos com implicação no ordenamento do território. Esta análise será efetuada no capítulo seguinte, tendo como referência as diferentes escalas dos instrumentos de gestão territorial.

#### **4.2.1.2. Perigos/Riscos com implicação no ordenamento do território**

As categorizações dos perigos/riscos são variadas e as mais comuns distinguem os perigos/riscos naturais dos perigos/riscos tecnológicos, colocando em evidência a origem dos fenómenos. Quando se pretende identificar quais os perigos/riscos com relevância para o ordenamento do território, é um critério de seleção genérico a identificação dos perigos para os quais as ferramentas e recursos ao dispor do ordenamento do território possibilitam a influência sobre os danos provocados pelos perigos (Camenzind-Wildi, 2006), ou seja, aqueles sobre os quais o ordenamento pode contribuir para a minimização de impactos sobre pessoas, bens ou ambiente. Apesar de válido, este critério genérico para seleção dos perigos/riscos com relevância para o ordenamento do território, não responde às questões práticas da sua transposição para o planeamento e possível espacialização. Para November (2002), os riscos podem ser classificados segundo a espacialidade e representam uma transição da sua categorização segundo a origem dos fenómenos, dado que as categorizações mais comuns não contribuem para a compreensão da relação risco-território. Mais recentemente, November (2006) ao analisar a dinâmica espacial dos riscos, faz referência à categorização dos riscos em difusos ou dispersos no território, por oposição aos riscos focalizados e associados ao local de origem do fenómeno.

Para efeitos de identificação dos perigos seleção dos perigos/riscos com relevância para o ordenamento do território, Fleischhauer (2006), no âmbito do ESPON (*European Spatial Planning Observation Network*), propõe uma seleção em dois passos:

1. Tipo de risco: Após uma compilação dos possíveis perigos na Europa, estes são classificados com base num conjunto de critérios relacionados com a probabilidade do fenómeno e com a extensão dos danos.
2. Relevância espacial: Apenas os perigos que preenchem determinados requisitos espaciais são considerados.

Para tipificar os diferentes perigos/riscos o autor utiliza um esquema de classificação, baseado no relatório anual "*World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks*" do *German Advisory Council on Global Change* (WBGU, 1998), que assenta na atribuição de seis tipologias em função das áreas de risco normal, de transição ou proibidas, em função de uma nomenclatura adaptada da mitologia grega (Figura 27).

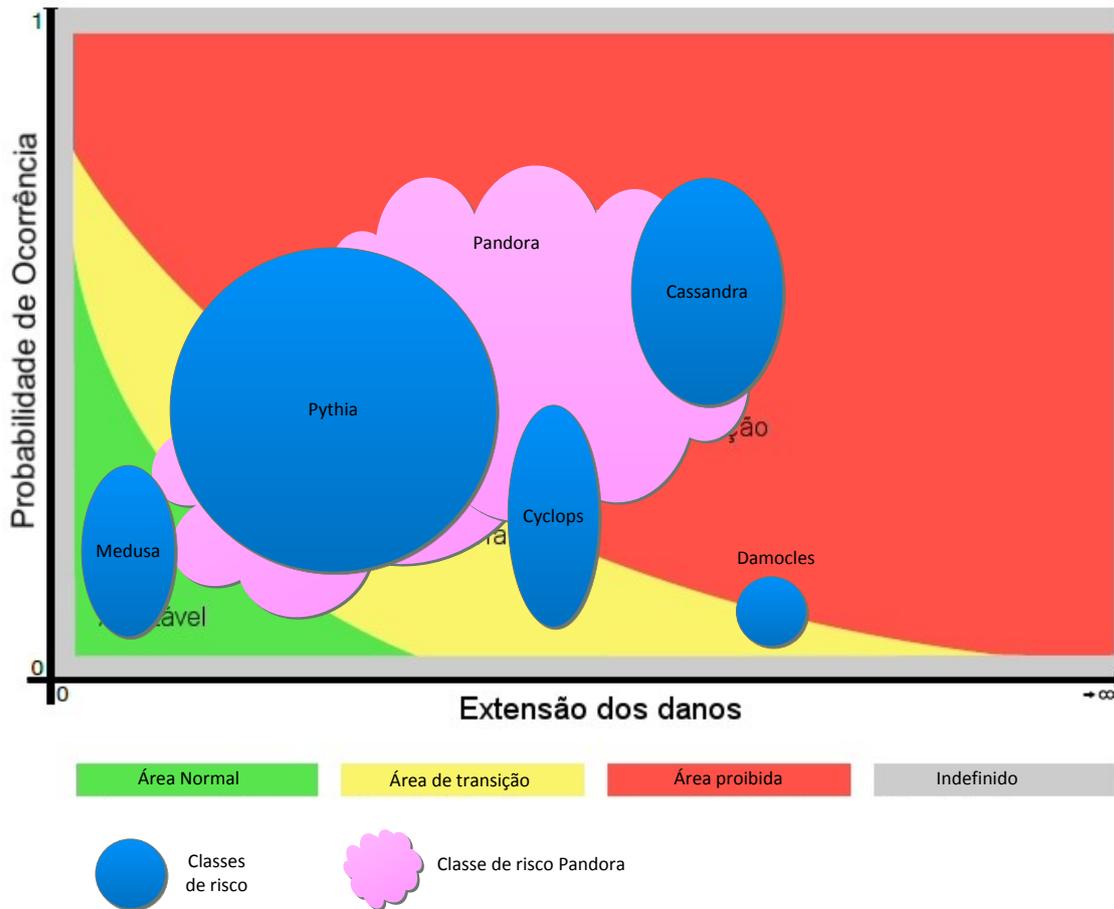


Figura 27 - Tipos de risco e a sua localização nas áreas de risco normais, de transição e proibidas (Adaptado de WBGU, 1998: 9)

A tipologia de risco Damocles, caracteriza-se por extensão elevada dos danos, mas com uma probabilidade de ocorrência do fenómeno muito reduzida. A tipologia de risco Pythia, corresponde à possibilidade incerta de danos e de probabilidade de ocorrência. A principal característica da tipologia de risco Pandora corresponde ao desconhecimento das consequências associadas ao fenómeno. Na tipologia Ciclopes, a probabilidade de ocorrência do fenómeno é incerta, enquanto o dano potencial se encontra bem definido. A tipologia de risco Cassandra, caracteriza-se pelo longo período que separa a ocorrência das consequências. A última tipologia de risco é a Medusa e corresponde a uma perceção do perigo mais elevada do que realmente se verifica.

Para efeitos de seleção dos perigos/riscos, Fleischhauer (2006) considera como relevantes, para o planeamento e a eficácia das estratégias de prevenção, os tipos Ciclope e Damocles como se pode observar no Quadro 12 referente ao resumo dos perigos/riscos selecionados.

Quadro 12 - Tipologia de perigos/riscos relevantes para efeitos de planeamento segundo Fleischhauer (2006)

Perigos / Riscos	Tipologia do risco (primeiro passo na seleção dos riscos)				Filtro espacial (segundo passo na seleção dos riscos)	Resultado da seleção (relevância para os perigos European Spatial Planning Observation Network)		
	Caraterização do risco			Tipo de risco		Relevância específica espacial: +=elevada, 0=baixa -= nenhuma	Relevância para o ESPON?	Razão para a exclusão
	Probabilidade P	Extensão dos danos E	Valores extremos de determinado s critérios					
<b>Erupções vulcânicas</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	sim	---	
<b>Cheias/inundações</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	sim	---	
<b>Sobrelevação do mar</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	sim	---	
<b>Tsunamis</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	sim	---	
<b>Avalanches</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	sim	---	
<b>Deslizamentos</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	0	sim	---	
<b>Sismos</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	0	sim	---	
<b>Secas</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	0	sim	---	
<b>Incêndios florestais</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	0	sim	---	
<b>Tempestades de inverno e tropicais</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	0	sim	---	
<b>Temperaturas extremas (ondas de calor, ondas de frio)</b>	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	-	sim	---	
Perigos associados às redes de transporte	elevada	baixa	Elevada ubiquidade	Ciclopes	-	não	Filtro espacial	
Perigos associados à quebra da corrente do Atlântico Norte	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	-	não	Filtro espacial	
Sistemas de alerta nuclear e armas biológicas, químicas e nucleares	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	-	não	Filtro espacial	
Epidemias	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	-	não	Filtro espacial	
Sustâncias cancerígenas em doses reduzidas	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	-	não	Filtro espacial	
Desenvolvimento em massa de espécies antropogénicas	desconhecida	elevada	---	Ciclopes	+	não	Filtro espacial	
<b>Perigos associados às centrais nucleares</b>	baixa	elevada	---	Damocles	+	sim	---	
<b>Perigos associados a acidentes graves</b>	baixa	elevada	---	Damocles	+	sim	---	
<b>Perigos associados ao processamento, transporte e armazenamento de petróleo</b>	baixa	elevada	---	Damocles	0	sim	---	
<b>Acidentes aéreos</b>	baixa	elevada	---	Damocles	0	sim	---	
Impactos de meteoritos	baixa	elevada	---	Damocles	-	não	Filtro espacial	
Terrorismo, guerra, crime	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	0	não	Tipo de risco	
Instabilidade dos icebergs no Antártico	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	0	não	Tipo de risco	
Aquecimento global	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	--	não	Tipo de risco	
Utilização de plantas transgénicas	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	--	não	Tipo de risco	
Infeção BSE	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	-	não	Tipo de risco	
Intervenções de engenharia genética	desconhecida	desconhecida	---	Pythia	-	não	Tipo de risco	
Dispersão de poluentes orgânicos	desconhecida	desconhecida	Persistência elevada	Pandora	-	não	Tipo de risco	
Desreguladores endócrinos	desconhecida	desconhecida	Persistência elevada	Pandora	-	não	Tipo de risco	
Consequências a longo prazo das alterações climáticas	elevada	elevada	Consequências a longo prazo	Cassandra	0	não	Tipo de risco	
Desestabilização dos ecossistemas devido à alteração humana dos ciclos biogeoquímicos	elevada	elevada	Consequências a longo prazo	Cassandra	0	não	Tipo de risco	
Campos eletromagnéticos	baixa	baixa	Potencial de mobilização elevado	Medusa	0	não	Tipo de risco	

Adaptado de Fleischhauer (2006:13)

O segundo passo na seleção dos perigos/riscos, corresponde à sua classificação relativamente à relevância espacial. A relevância espacial é entendida pelo autor como o carácter espacial do perigo/risco, definida relativamente aos efeitos de uma catástrofe ocorrerem de forma focalizada e localizada espacialmente (por exemplo, as cheias de um rio ou erupções vulcânicas) e não de forma desfocalizada (por exemplo acidentes rodoviários, ou impactos de meteoritos). Com base nesta seleção inicial e tendo presente o objetivo de avaliar as alterações climáticas e o seu impacto espacial, o perigos/riscos identificados a cinzento no quadro anterior foram filtrados dando uma nova lista para o ESPON.

Em Portugal, a seleção dos perigos/riscos considerados como relevantes para efeitos de planeamento e de eficácia das estratégias de prevenção, assume diferentes configurações em

função do tipo e escala do instrumento de ordenamento do território. Numa visão macro do território continental português e de acordo com o Relatório do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT), é possível de identificar um conjunto de perigos/riscos e vulnerabilidades relevantes para o ordenamento do território, face à ocorrência de fenómenos naturais mais graves e de atividades humanas de perigosidade potencial que constam no Quadro 13.

Quadro 13 - Principais perigos evidenciados no PNPOT

Perigos evidenciados
- Acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas
- Incêndios Florestais
- Sismos
- Maremotos
- Movimentos de massa em vertentes
- Cheias/Inundações
- Inundação por rutura de barragens
- Erosão litoral
- Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleodutos e gasodutos)

Fonte: Relatório do MAOTDR (2006)

Também numa escala macro, os vários planos regionais de ordenamento do território (PROT) do continente, em vigor ou não, apresentam diferentes categorizações e listas de perigos/riscos diversificados. Apesar da diversidade patente nos relatórios dos estudos complementares/sectoriais de caracterização e diagnóstico territorial referente à área de riscos e proteção civil e/ou na cartografia que acompanha os mesmos, identificam-se subconjuntos de perigos/riscos relevantes para o ordenamento do território à escala regional que são comuns em todos os planos regionais de ordenamento do território analisados, designadamente os sismos, erosão costeira, cheias/inundações e os incêndios florestais (Quadro 14).

Quadro 14 - Perigos/Riscos evidenciados nos PROT do continente

PROT	Publicação	Categoria	Perigo/Risco
Norte		Riscos geológicos e geomorfológicos	- Movimentos de vertente - Risco sísmico
		Riscos climáticos e hidrológicos	- Ondas de Calor - Vagas de Frio - Geadas - Cheias progressivas
		Riscos ambientais	- Erosão dos solos - Incêndios Florestais
		Riscos tecnológicos	- Risco associado à rutura de barragens - Perigos associados a acidentes tecnológicos
Centro		Relacionados com a geodinâmica interna	- Perigo sísmico - Radioatividade natural
		Relacionados com a geodinâmica externa	- Movimentos de massa em vertentes - Erosão costeira, em sistemas praia/duna ou em arribas coesivas
		Relacionados com a dinâmica fluvial	- Cheias, nomeadamente sob a forma de cheias rápidas - Rutura de barragens e mini-hídricas
		Relacionados com a climatologia e com episódios meteorológicos	- Secas - Ondas de calor - Ondas de frio

		Relacionados com incêndios, nomeadamente em contexto florestal	- Incêndios florestais
		Relacionados com o transporte marítimo	- Derrame de hidrocarbonetos
		Relacionados com a atividade industrial e comercial	- Armazenamento, manuseamento e transformação de matérias perigosas;
		Relacionados com o transporte e circulação de mercadorias perigosas;	- Transporte e circulação de mercadorias perigosas
		Relacionados com os fatores ambientais	- Perigos ambientais relacionados com áreas mineiras degradadas ou abandonadas.
Área Metropolitana de Lisboa	RCM 68/2002	Perigos naturais	- Sismos - Maremotos (tsunamis) - Movimentos de massa em vertentes - Erosão do litoral - Cheias e inundações - Outros perigos naturais devidos a causas meteorológicas (geada, granizo e nevoeiro)
		Perigos tecnológicos	- Potencial de acidentes industriais - Potencial de acidentes no transporte de substâncias perigosas - Perigo nuclear
		Perigos ambientais	- Incêndios florestais - Degradação dos solos e desertificação - Contaminação de cursos de água e aquíferos
Oeste e Vale do Tejo	RCM 64-A/2009	Perigos naturais	- Sismos - Maremotos (tsunamis) - Movimentos de massa em vertentes - Erosão do litoral - Cheias e inundações - Outros perigos naturais devidos a causas meteorológicas (geada, granizo e nevoeiro)
		Perigos tecnológicos	- Potencial de acidentes industriais - Potencial de acidentes no transporte de substâncias perigosas - Perigo nuclear
		Perigos ambientais	- Incêndios florestais - Degradação dos solos e desertificação - Contaminação de cursos de água e aquíferos
Alentejo	RCM 53/2010		- Acidentes geológicos (falhas ativa e falhas ativas prováveis) - Sismos - Maremotos - Erosão costeira - Cheias/Inundações - Inundações por rutura de barragens - Incêndios florestais - Contaminação por nitratos - Contaminação de aquíferos - Desertificação - Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleodutos e gasodutos) - Estabelecimentos industriais perigosos
Algarve	RCM 102/2007		- Acidentes geológicos (falhas ativas, falhas ativas prováveis, falhas secundárias) - Sismos - Incêndios Florestais - Cheias/Inundações - Erosão litoral - Desertificação

Fonte: Bateira *et al.* (2007), Tavares *et al.* (2007), Zêzere (2010), Zêzere *et al.* (2008), CCDRA (2009), CCDRALG (2007)

À escala municipal e de uma forma abrangente, 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: 24) elenca um conjunto de perigos/riscos considerando como critério a sua relevância para o Planeamento de Emergência e para o Ordenamento do Território de âmbito municipal, a variabilidade espacial dos fenómenos à escala municipal e a existência de dados, resumidos no Quadro 15.

Quadro 15 – Riscos listados no guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal

Grupo	Categoria	Designação
<b>Naturais</b>	Condições meteorológicas adversas	- Nevoeiros - Nevões - Ondas de calor - Ondas de frio - Secas
	Hidrologia	- Cheias e inundações urbanas - Cheias e inundações rápidas - Cheias e inundações progressivas - Inundações e galgamentos costeiros - Inundação por Tsunami
	Geodinâmica interna	- Sismos - Atividade vulcânica - Radioatividade natural
	Geodinâmica externa	- Movimentos de massa em vertentes - Erosão costeira: destruição de praias e sistemas dunares - Erosão costeira: recuo e instabilidade de arribas - Colapso de cavidades subterrâneas naturais
<b>Tecnológicos</b>	Transportes	- Acidentes rodoviários, ferroviários, fluviais e aéreos - Acidentes no transporte terrestre de mercadorias perigosas - Acidente com transporte marítimo de produtos perigosos
	Vias de comunicação e infraestruturas	- Colapso de túneis, pontes e outras infraestruturas - Acidentes em infraestruturas fixas de transporte de produtos perigosos (oleodutos e gasodutos) - Cheias e inundações por rutura de barragens - Colapso de galerias e cavidades de minas
	Atividade industrial e comercial	- Acidentes em áreas e parques industriais - Acidentes que envolvam substâncias perigosas (Diretiva Seveso II) - Degradação e contaminação dos solos com substâncias NBQ - Acidentes em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes - Acidentes em estabelecimentos de fabrico e de armazenagem de produtos explosivos - Acidentes em estabelecimentos de atividades sujeitas a licença ambiental - Incêndios e colapsos em centros históricos e em edifícios com elevada concentração populacional - Poluição atmosférica grave com partículas e gases - Emergências radiológicas
<b>Mistos</b>	Relacionados com a atmosfera	- Incêndios florestais
	Relacionados com a água	- Degradação e contaminação de aquíferos - Degradação e contaminação de águas superficiais

Fonte: Julião *et al.* (2009)

Constituindo um referencial para os municípios, o guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal, discrimina os riscos com relevância para considerar em sede de revisão de PDM, traduzindo-se num referencial teórico e orientador. A prática de consideração dos riscos em

sede de revisão de PDM é mais restrita no que se refere à escolha perigos/riscos. Partindo dos PDMs de 2.ª geração, selecionados a partir do Sistema Nacional de Informação Territorial<sup>6</sup>, foram analisados os respetivos regulamentos com o objetivo de identificar quais os perigos/riscos com expressão prática no ordenamento do território, bem como a forma como são transpostos para o modelo territorial. Os regulamentos dos PDMs de 2.ª geração apresentam um conjunto de características que permitem evidenciar os diferentes marcos legislativos relacionados com o ordenamento do território e proteção civil, designadamente:

- 1) A inclusão de referências à Reserva Ecológica Nacional (REN), nas suas diferentes evoluções;
- 2) A inclusão da perigosidade de incêndio florestal nos regulamentos, com particular destaque a partir do ano de 2009;
- 3) Em 11 dos 61 regulamentos analisados existem artigos referentes aos riscos de cheias/inundações;
- 4) A inclusão das indústrias abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 139/2002, de 17 de maio e pelo Decreto-Lei 254/2007, de 12 de julho;
- 5) Em apenas 5 dos 61 regulamentos analisados existem artigos com referência a outros perigos/riscos, como por exemplo, áreas com risco de erosão, áreas com risco de avanço das águas do mar, áreas de barreira de proteção, efeito de maré direto, movimentos de massa em vertentes, perigos geológicos, sismos e contaminação de solos, com particular destaque a partir do ano de 2011;
- 6) Dos 19 PDMs aprovados entre 2012 e 2013, apenas 3 incluem na composição do plano uma carta dedicada aos perigos/riscos, para além da carta de condicionantes ou da carta de perigosidade de incêndio florestal.

Apesar de ser possível identificar alguma normalização no que se refere aos perigos/riscos incluídos nos PDMs e que decorre das obrigações legais, como é o caso dos incêndios florestais ou das cheias/inundações, o mesmo não acontece quando os perigos/riscos têm um enquadramento legal limitado ou inexistente. Para os casos onde nos regulamentos analisados existem artigos referentes a outros perigos/riscos, a condicionante para a ocupação do território assume normalmente contornos mais gerais e com pouca ligação às diferentes classes de risco.

---

<sup>6</sup> (URL: <http://www.dgotdu.pt/channel.aspx?channelID=6B6C3143-F168-4944-A20C-0439EA10EF70&listaUltimos=1>, acedido em 5.10.2013)

#### **4.2.1.3. A cartografia de risco enquanto instrumento de ordenamento do território e de gestão dos riscos nos PDM de 2ª geração**

Em complemento ao ponto 3.3 e com o objetivo de avaliar os perigos/riscos que compõem as peças desenhadas dos PDMs e implicações ao nível do regulamento foram analisadas as cartas/plantas de alguns municípios portugueses.

Com base nos PDMs de 2.ª geração, acedidos a partir do Sistema Nacional de Informação Territorial<sup>7</sup> e tendo como critério os municípios que identificam a partir do ano de 2009, nos elementos documentais constituintes descritos no regulamento, qualquer tipo de cartografia de risco, foram selecionados seis casos de estudo. Os municípios selecionados foram Vila Franca de Xira, Santo Tirso, Vila Pouca de Aguiar, Lisboa, Tabuaço e S. João da Madeira. O município de Viana do Castelo, apesar de identificar nos elementos documentais constituintes descritos no regulamento, a inclusão de cartografia de risco, não foi possível de incluir na análise, pois as peças desenhadas não se encontravam disponíveis no SNIT, nem foram disponibilizadas no seguimento da solicitação efetuada à entidade por *e-mail* em Janeiro de 2014.

A publicação do PDM de Vila Franca de Xira em Diário da República foi efetuada em 18 de Novembro de 2009. Nos elementos que compõem o PDM consta a “Planta de Ordenamento - Áreas de risco ao uso do solo e Unidades Operativas de Planeamento e Gestão”, à escala 1:25.000 e 1:10.000. Nessa planta são identificados o risco geotécnico, através das classes áreas desaconselháveis à construção e áreas muito condicionadas à construção e o risco de zonas inundáveis (Figura 28).

---

<sup>7</sup> URL: <http://www.dgotdu.pt/channel.aspx?channelID=6B6C3143-F168-4944-A20C-0439EA10EF70&listaUltimos=1>, acedido em 5.10.2013.

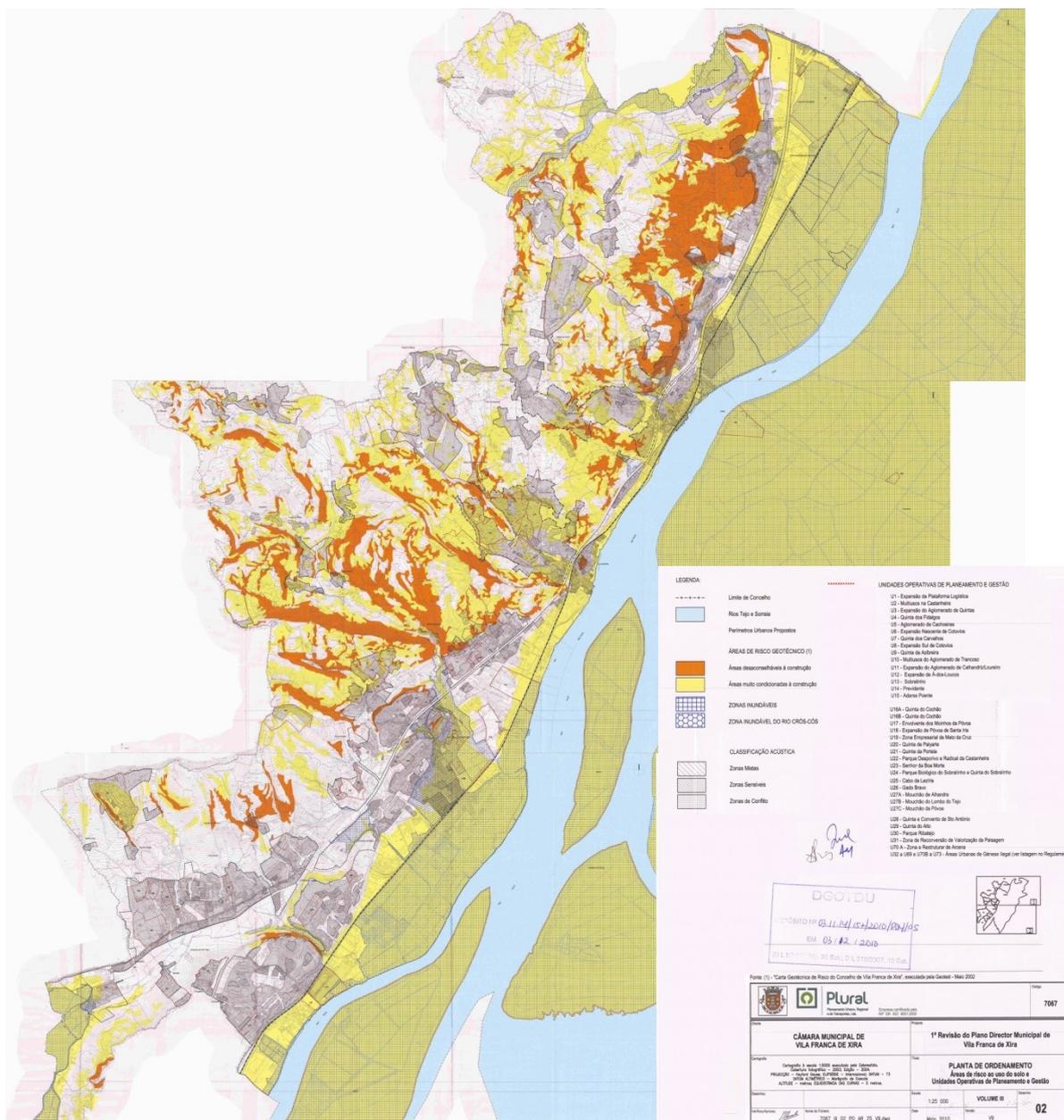


Figura 28 - Carta de Riscos do PDM de Vila Franca de Xira, 2010 (Fonte: SNIT)

A publicação do PDM de Santo Tirso em Diário da República foi efetuada em 18 de Janeiro de 2011. Nos elementos que compõem o PDM consta a “Planta de Condicionantes - Riscos”, à escala 1:10.000 (Figura 29). Nessa planta são identificados o risco de incêndio florestal (classe alta e muito alta), as áreas inundáveis (através do limite da cheia com um período de retorno de 100 anos), uma instalação de armazenagem de gás classificada ao abrigo do Decreto-Lei n.º 254/2007 e os edifícios de armazenagem e fabrico de produtos explosivos e respetiva zona de segurança.

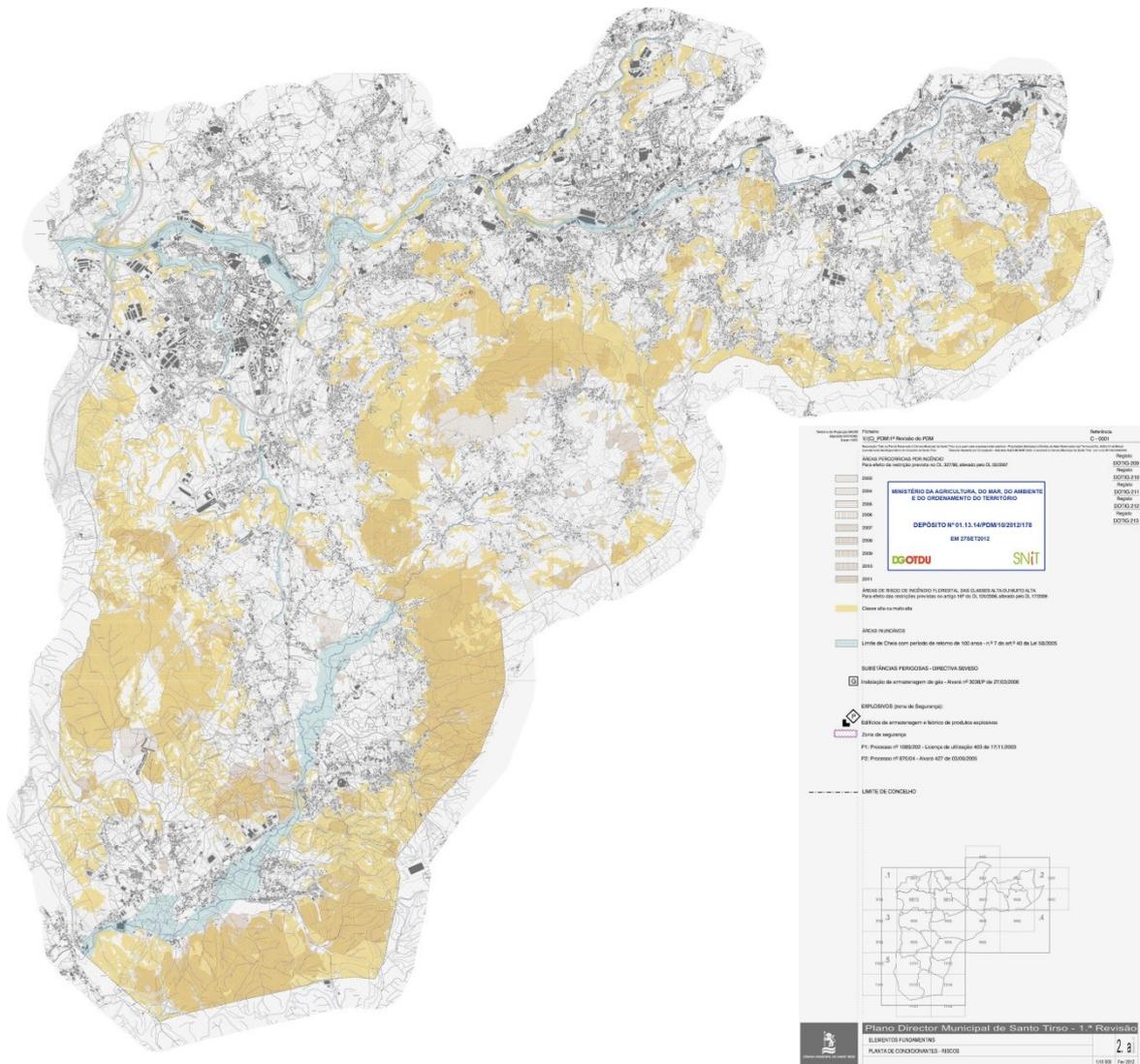


Figura 29 - Carta de Riscos do PDM de Santo Tirso, 2012 (Fonte: SNIT)

A publicação do PDM de Vila Pouca de Aguiar em Diário da República foi efetuada em 20 de Setembro de 2012. Nos elementos que compõem o PDM constam a “Planta de Riscos Naturais” A1 e A2, à escala 1:25.000 (Figura 30). Nessas plantas são identificados o risco de erosão e deslizamento de terrenos, zonas inundáveis, risco de explosão, risco de abatimento (minas romanas e minas de volfrâmio) e perigosidade de incêndio florestal (classes alta e muito alta).

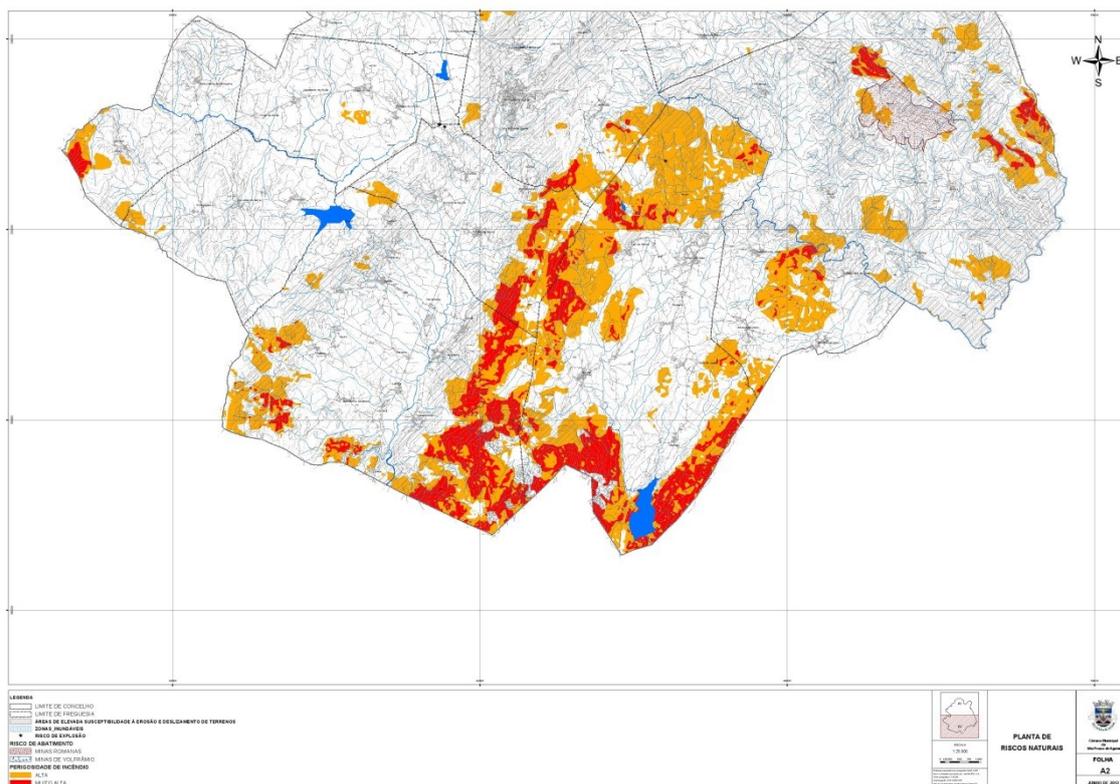


Figura 30 - Carta de Riscos (A2) do PDM de Vila Pouca de Aguiar, 2012 (Fonte: SNIT)

A publicação do PDM de Lisboa em Diário da República foi efetuada em 30 de Agosto de 2012. Nos elementos que compõem o PDM consta a “Planta de Ordenamento - Riscos Naturais e Antrópicos I” e “Planta De Ordenamento - Riscos Naturais e Antrópicos II”, à escala 1:10.000 (Figura 31). Nessas plantas é identificada a vulnerabilidade às inundações, a suscetibilidade ao efeito de maré direto, a suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes, o risco de incêndio florestal, acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e a vulnerabilidade sísmica dos solos.

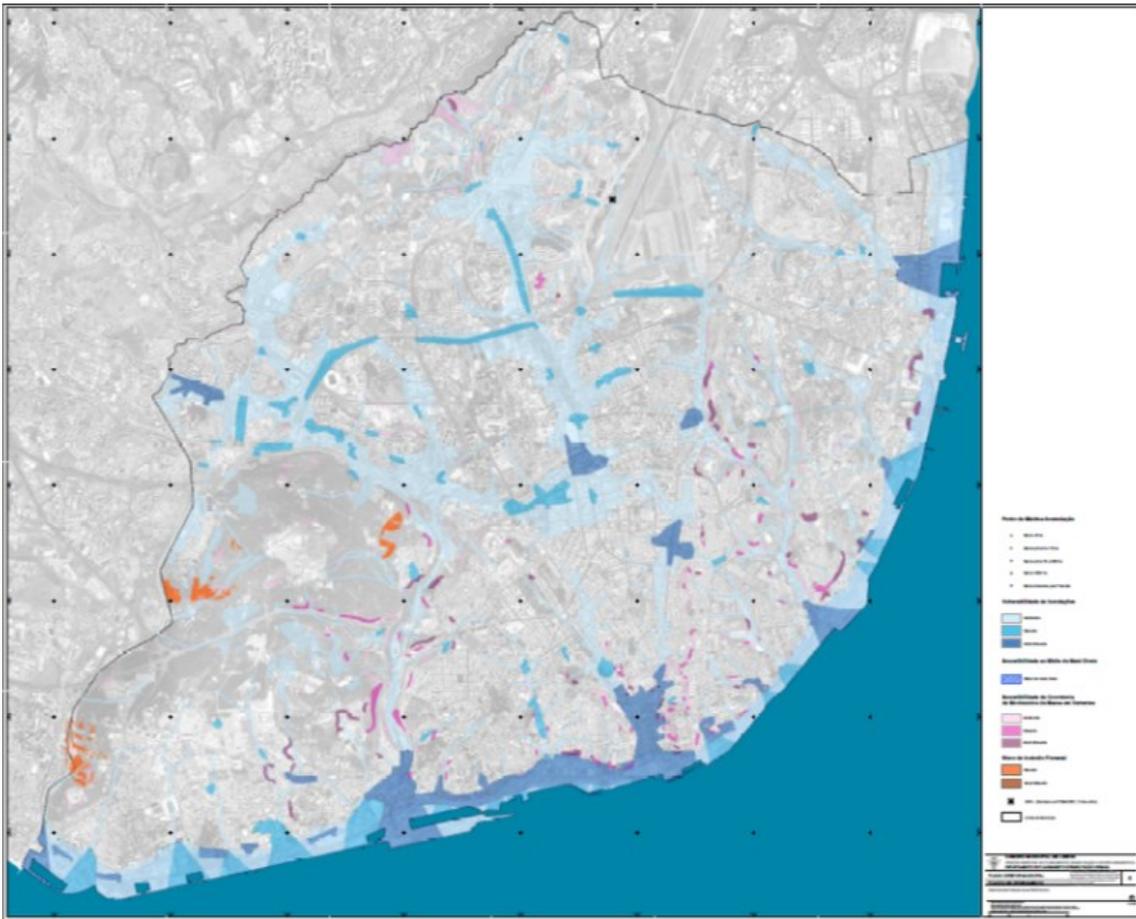


Figura 31 - Carta de Riscos Naturais e Antrópicos I do PDM de Lisboa, 2011 (Fonte: CML<sup>8</sup>)

A publicação do PDM de Tabuaço em Diário da República foi efetuada em 4 de julho de 2013. Nos elementos que compõem o PDM consta a “Carta com Áreas de Risco”, à escala 1:25.000 (Figura 32). Nessa planta são identificados o risco de erosão - escarpas e faixa de proteção, zonas ameaçadas pelas cheias, risco de cheias e inundações por rutura de barragem, instalações de fabrico e de armazenagem de produtos explosivos e perigosidade de incêndios florestais (classes alta e muito alta).

<sup>8</sup> [http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/vigor2/04\\_RISCOSI.pdf](http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/vigor2/04_RISCOSI.pdf)

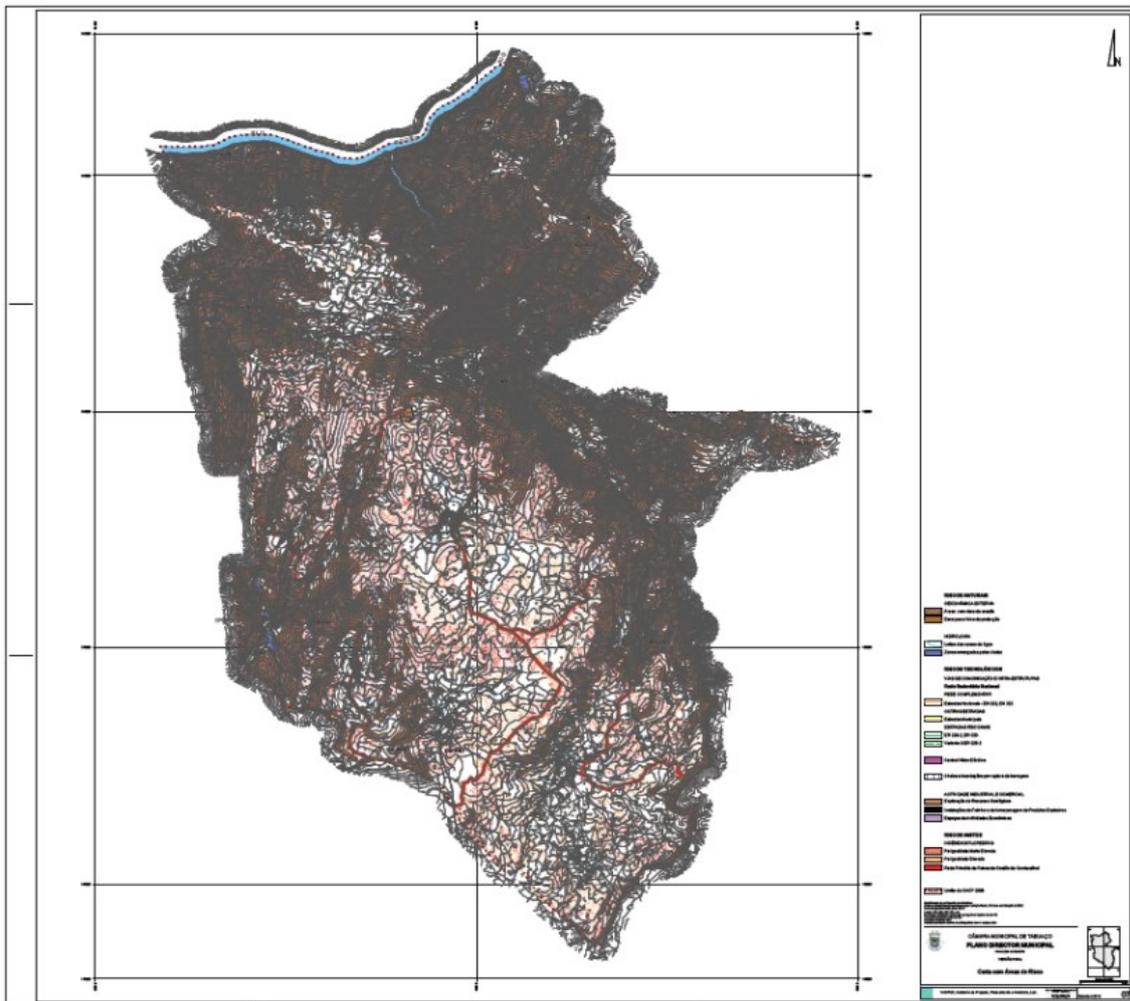


Figura 32 - Carta de Riscos do PDM de Tabuaço, 2012 (Fonte: SNIT)

Apesar de não haver nenhuma referência, nos elementos que compõem o PDM de S. João da Madeira a qualquer tipo de cartografia de risco, importa salientar a inclusão na planta de ordenamento de uma faixa de proteção de 100 metros a uma indústria classificada com um nível de perigosidade superior, antes da publicação da portaria referida no n.º 2, do artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 254/2007. A publicação do PDM de S. João da Madeira em Diário da República foi efetuada em 16 de abril de 2012 e nos elementos que compõem o PDM consta a “Planta de Ordenamento”, à escala 1:5.000, onde foi incluída no modelo territorial uma área de proteção à instalação abrangida pelo Decreto-Lei n.º 254/2007 (Diretiva SEVESO II) (Figura 33). Esta surge como antecipação à regulamentação prevista para uma portaria onde constarão as distâncias de segurança aos estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas constituindo, por esse motivo, uma referência.

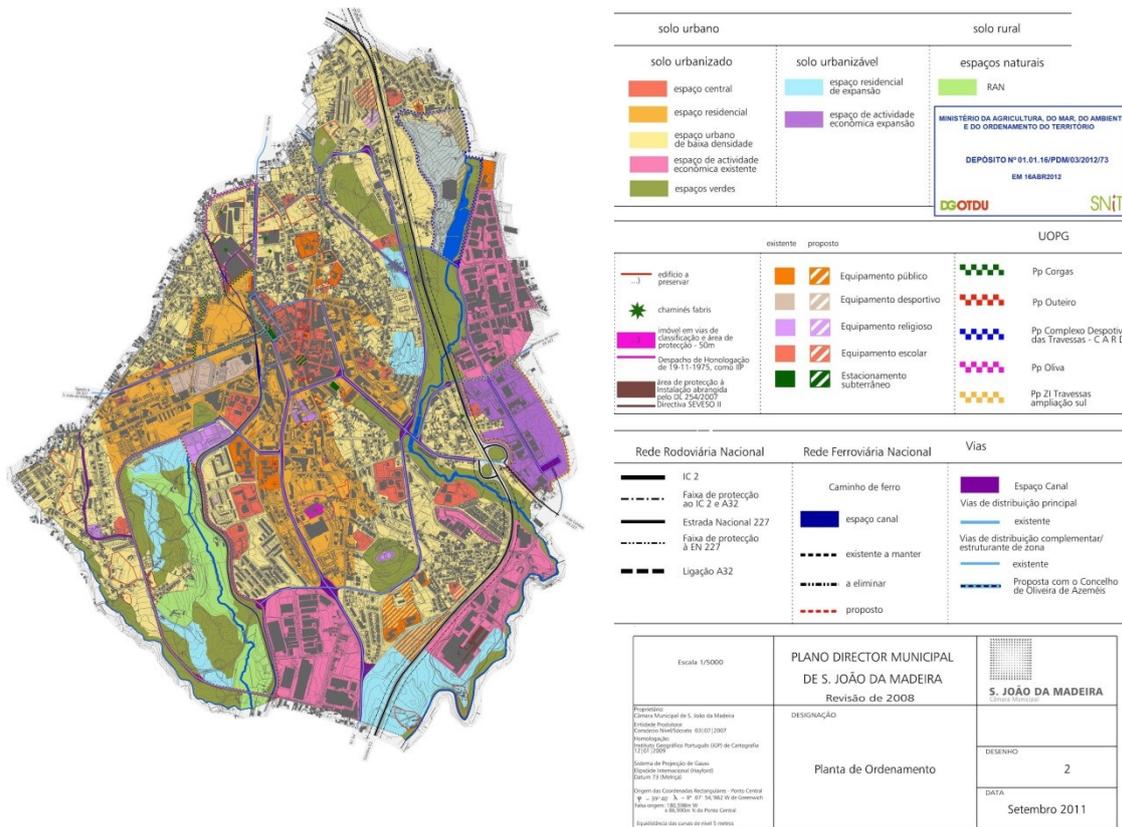


Figura 33 - Planta de Ordenamento do PDM de S. João da Madeira, 2011 (Fonte: SNIT)

Relativamente aos perigos/riscos incluídos em regulamento, importa referir que estes nem sempre coincidem com os perigos/riscos cartografados (Quadro 16). A título exemplificativo, no caso de Vila Pouca de Aguiar, o risco de erosão e deslizamento de terrenos encontra-se cartografado, mas não existe qualquer regime específico. No município de Lisboa, o risco de risco de incêndio florestal está cartografado, não existindo qualquer artigo dedicado. No caso de Tabuaço o risco de erosão - escarpas e faixa de protecção, zonas ameaçadas pelas cheias, risco de cheias e inundações por rutura de barragem encontram-se cartografados, dispensando qualquer regime específico.

No que se refere à variável utilizada para a representação cartográfica dos perigos/riscos existe uma certa normalização coincidindo, no caso das zonas inundáveis e cheias, com a extensão das mesmas e, no caso dos incêndios florestais com a perigosidade (obtida a partir das cartas de perigosidade de incêndio florestal dos PMDFCI, com base no uso do solo, declives e probabilidade).

Quadro 16 - Perigos/Riscos com regime específico no regulamento dos PDM analisados

Município	Data publicação	Perigo/Risco	Classe	Variável	Regulamento
Vila Franca de Xira	18.11.2009	Áreas de Risco Geotécnico	Áreas desaconselháveis à construção	-	<p>Artigo 93.º</p> <p><b>Regime específico</b></p> <p>1 — Nas áreas desaconselháveis à construção:</p> <p>a) Com excepção de muros e infraestruturas urbanas como águas, esgotos, electricidade e telecomunicações, a construção só é permitida caso seja comprovado por estudo geotécnico de maior detalhe, pelo menos à escala 1: 2 000, que a configuração da área desaconselhável à construção é diferente da identificada na</p>

					<p>Planta de Ordenamento ou que se verifica a ausência dos condicionamentos naturais que originaram essa classificação;</p> <p>b) Nas situações referidas na alínea anterior é obrigatório realizar campanhas de prospecção, visando o reconhecimento das condições geológico -geotécnicas e a caracterização específica dos condicionalismos geotécnicos que as afetam;</p> <p>c) Devem ser implementados sistemas de monitorização e observação.</p>
		Áreas muito condicionadas à construção	-		<p>Artigo 93.º</p> <p><b>Regime específico</b></p> <p>2 — Nas áreas muito condicionadas à construção:</p> <p>a) Quando se localizam em solo urbano, devem ser ocupadas por espaços a afetar a estrutura ecológica urbana, e só podem ser edificadas nos casos em que se mostre ser absolutamente necessário, ou a menos que seja comprovado por estudo geotécnico de maior detalhe, pelo menos na escala 1: 2 000, que a configuração da área muito condicionada à construção é diferente da identificada na Planta de Ordenamento ou que se verifica a ausência dos condicionamentos naturais que originaram essa classificação;</p> <p>b) É obrigatório realizar campanhas de prospecção, visando o reconhecimento das condições geológico -geotécnicas e a caracterização específica dos condicionalismos geotécnicos que as afetam;</p> <p>c) Em caso de construção nova, alteração e reconstrução de edifícios existentes devem ser implementados sistemas de monitorização e observação.</p> <p>3 — A construção de qualquer tipo nestas áreas fica condicionada à prévia elaboração de estudo geotécnico de detalhe para a zona a ocupar, que comprove a inexistência de riscos para a segurança de pessoas e bens.</p>
		Zonas Inundáveis	-	Extensão	<p>Artigo 94.º</p> <p><b>Regime específico</b></p> <p>1 — As Zonas Inundáveis ou ameaçadas pelas cheias correspondem às áreas contíguas à margem dos cursos de água, que se estendem até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de cem anos, ou pela maior cheia conhecida no caso em que não existiam dados que permitiam identificar a anterior.</p> <p>2 — A ocupação das Zonas Inundáveis em Solo Urbano edificado obedece aos seguintes condicionalismos:</p> <p>(...)</p>
Santo Tirso	18.1.2011	Incêndio Florestal	Alta e Muito Alta	Perigosidade	<p>Artigo 26.º</p> <p><b>Áreas com risco de incêndio das classes alta ou muito alta</b></p> <p>1 — É proibida a construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria, fora das áreas edificadas consolidadas, qualquer que seja a categoria de espaço, em áreas com risco de incêndio das classes alta ou muito alta, identificadas na Planta de Condicionantes — Riscos.</p> <p>2 — A câmara municipal pode aprovar projectos para realização de operações urbanísticas, desde que previamente seja verificada, pela entidade competente, a redução do risco de incêndio para classes inferiores à alta ou muito alta.</p> <p>(...)</p>
		Zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias	-	Extensão	<p>Artigo 27.º</p> <p><b>Zonas inundáveis ou ameaçadas pelas cheias</b></p> <p>1 — Nas áreas abrangidas pelo limite de cheia com retorno de 100 anos delimitado na Planta de Condicionantes — Riscos, a cota dos pisos inferiores das edificações deve ser superior à cota local máxima de cheia conhecida.</p> <p>2 — O licenciamento das operações de urbanização ou edificação, nas áreas referidas no n.º 1 está sujeito a parecer vinculativo da Administração da Região Hidrográfica do Norte.</p>
Vila Pouca de Aguiar	20.9.2012	Incêndios Florestais	Alta e Muito Alta	Perigosidade	<p>Artigo 14.º</p> <p><b>Medidas de defesa contra incêndios</b></p> <p>Todas as construções, infraestruturas, equipamentos e estruturas de apoio enquadráveis no regime de construção previsto</p>

					<p>para as categorias de espaços inseridas no Solo Rural, terão de cumprir as Medidas de Defesa contra Incêndios Florestais definidas no quadro legal em vigor e previstas no Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios, bem como as definidas neste regulamento, designadamente:</p> <p>a) A construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria, fora das áreas consolidadas, é interdita nos terrenos classificados com risco de incêndio das classes alta ou muito alta, sem prejuízo das infraestruturas definidas nas redes regionais de defesa da floresta contra incêndios;</p> <p>(...)</p>	
		Zonas Inundáveis	-	Extensão	<p>Artigo 26.º</p> <p><b>Caracterização</b></p> <p>As zonas inundáveis, conforme demarcação constante na Planta de Ordenamento, correspondem às áreas atingidas pela maior cheia conhecida para o local.</p> <p>Artigo 27.º</p> <p><b>Regime</b></p> <p>1 — Sem prejuízo do disposto na legislação específica em vigor, a ocupação destas zonas rege -se pelas seguintes disposições:</p> <p>a) Nas zonas inundáveis integradas em solos urbanizados:</p> <p>(...).</p> <p>b) Nas zonas inundáveis integradas em estrutura ecológica urbana:</p> <p>(...)</p> <p>c) Nas zonas inundáveis integradas em solo rural:</p> <p>(...).</p>	
Lisboa	30.8.2012	Inundações e efeito de maré direto	Elevada e moderada vulnerabilidade	-	<p>Artigo 22.º</p> <p>Vulnerabilidade a inundações e suscetibilidade ao efeito de maré direto</p> <p>1 — Em áreas de muito elevada vulnerabilidade a inundações e suscetibilidade ao efeito de maré direto, em especial junto aos pontos de máxima acumulação situados em bacias de dimensão superior a 500 ha, identificadas na Planta de riscos naturais e antrópicos I, é interdita a ocupação do subsolo, salvo o disposto no número seguinte.</p> <p>(...)</p> <p>3 — Nas áreas classificadas como de elevada e moderada vulnerabilidade a inundações ou de suscetibilidade a efeito de maré direto, cartografadas na Planta de riscos naturais e antrópicos I, aplica -se o disposto no n.º 7 do artigo 13.º do presente Regulamento.</p> <p>4 — Os pontos de máxima acumulação assinalados na Planta de riscos naturais e antrópicos I constituem zonas focais de elevada vulnerabilidade a inundações, cuja relevância é avaliada em função da dimensão da bacia hidrográfica correspondente e implicam medidas de gestão cautelares nas intervenções das áreas envolventes, pelo que se aplica o disposto no n.º 7 do artigo 13.º do presente Regulamento.</p> <p>5 — No âmbito dos planos de urbanização e de pormenor e das unidades de execução que abrangem áreas com vulnerabilidade a inundações ou de suscetibilidade a efeito de maré direto, devem ser elaborados estudos hidrogeológicos para a respetiva área de intervenção, nos termos definidos no Regulamento Municipal da Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL).</p>	
		Movimentos de Massa em Vertentes	Muito elevada	elevada e	-	<p>Artigo 23.º</p> <p><b>Suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes</b></p> <p>1 — Nas zonas cartografadas como de muito elevada ou elevada suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Planta de riscos naturais e antrópicos I correspondentes a espaços verdes na Planta de qualificação do espaço urbano não são admitidas operações urbanísticas, com exceção de ações que não coloquem em causa a estabilidade dos sistemas biofísicos, a salvaguarda face a fenómenos de instabilidade de risco de ocorrência de movimentos de</p>

						<p>massa em vertentes e de perda de solo ou a prevenção da segurança de pessoas e bens, nomeadamente a estabilização de taludes e ações de florestação e reflorestação.</p> <p>2 — Para as restantes zonas cartografadas como de muito elevada ou elevada suscetibilidade de ocorrência de movimentos de massa em vertentes na Planta de riscos naturais e antrópicos I exige -se a apresentação de um estudo prévio integrado que demonstre a aptidão para a construção em condições de total segurança de pessoas e bens e que defina a melhor solução a adotar para a estabilidade da área em causa, ficando a ocupação condicionada à elaboração de um parecer elaborado por técnicos ou entidades credenciados, baseado em estudo geológico geotécnico e hidrogeológico específico.</p> <p>3 — O projeto de arquitetura relativo a operações de edificação, em zonas cartografadas como de moderada suscetibilidade na Planta de riscos naturais e antrópicos I, é acompanhado por parecer elaborado por técnicos ou entidades credenciados, baseado em estudo geológico geotécnico.</p>
Sismos		Muito elevada e elevada vulnerabilidade	-			<p>Artigo 24.º</p> <p><b>Vulnerabilidade sísmica dos solos</b></p> <p>1 — Nas obras de construção de edifícios, obras de arte e de infraestruturas de subsolo têm que ser aplicadas medidas de resistência estrutural antissísmica.</p> <p>2 — As obras de reabilitação de edifícios, de obras de arte e de infraestruturas do subsolo têm de integrar soluções de reforço estrutural que aumentem a sua resistência global a forças horizontais e manter as condições estruturais iniciais dos edifícios confinantes com o espaço intervencionado, de modo a garantirem a continuidade dessa capacidade de resistência, tendo em conta os valores patrimoniais em presença em cada intervenção.</p> <p>3 — Nas áreas de muito elevada e elevada vulnerabilidade sísmica dos solos, identificadas na Planta de riscos naturais e antrópicos II, a Câmara Municipal pode solicitar à entidade interveniente estudos complementares geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos, de avaliação da capacidade estrutural do edifício e ou de definição de soluções técnicas compatíveis com as características do espaço em intervenção e condicionar as obras e trabalhos em razão desses estudos. (...)</p>
Tabuaço	4.7.2013	Incêndios Florestais	Elevada ou Elevada	Muito	Perigosidade	<p>Artigo 15.º</p> <p><b>Medidas de defesa da floresta contra Incêndios</b></p> <p>1 — As edificações, infraestruturas e estruturas de apoio enquadráveis no regime previsto para as categorias e subcategorias de espaços inseridas em Solo Rural, terão de cumprir as medidas de defesa contra incêndios florestais definidas no quadro legal em vigor e definidas no Anexo III da Planta de Condicionantes, bem como as que a seguir se definem:</p> <p>a) A construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria, fora das áreas edificadas consolidadas, é proibida nos terrenos classificados no Plano Municipal de Defesa da Floresta de Tabuaço e na Planta de Condicionantes com perigosidade das classes elevada ou muito elevada, sem prejuízo das infraestruturas definidas nas redes regionais de defesa da floresta contra incêndios. (...)</p>
S. João da Madeira	16.4.2012	Acidentes graves que envolvam substâncias perigosas	-		Distância de segurança	<p>Artigo 15.º</p> <p><b>Estabelecimentos abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e a limitação das suas consequências para o homem e o ambiente</b></p> <p>1 — Devem ser consideradas as regras de segurança relativas às unidades industriais a que a legislação específica aplicável identifique como estando abrangidas pelo regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e a limitação das suas</p>

consequências para o homem e ambiente, nomeadamente as distâncias de segurança às zonas circundantes residenciais, vias de comunicação, de serviços, comércio, hospitais, outros locais ou estabelecimentos habitualmente frequentados pelo público e zonas ambientalmente sensíveis.

2 — Não será permitida a construção de novos edifícios ou alteração de uso em edifícios existentes para instalação de habitação, escolas, hospitais, e outros equipamentos de utilização coletiva, nas zonas circundantes a estabelecimentos abrangidas pelo regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas e a limitação das suas consequências para o homem e ambiente.

3 — A FLEXIPOL — Espumas Sintéticas, S. A., indústria classificada com um nível de perigosidade superior e até à publicação da portaria referida no n.º 2, do artigo 5.º do Decreto -Lei n.º 254/2007, de 12 de julho, relativa aos critérios de referência para as distâncias de segurança, nos termos do n.º 1 do presente artigo, beneficia de uma faixa de proteção de 100 (cem) metros, que se encontra delimitada na planta de ordenamento.

4 — É interdita a implantação de estabelecimentos industriais abrangidos pelo regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas fora dos perímetros das áreas classificadas como espaço de atividade económica.

5 — Na faixa de proteção referida no n.º 3 será admitida a implantação de vias de comunicação e edifícios destinados a acolher atividades do setor secundário e ou terciário e desde que estas não integrem o conceito de instalações abrangidas pelo disposto no regime de prevenção de acidentes graves que envolvam substâncias perigosas.

Fonte: Regulamentos dos PDMs analisados

Outro aspeto relevante, refere-se à utilização das várias classes do perigo/risco no regime específico do regulamento, como é o caso em Vila Franca de Xira, do risco geotécnico através das áreas desaconselháveis à construção e das áreas muito condicionadas à construção. Também em Lisboa, onde por exemplo, na vulnerabilidade a inundações ou nos movimentos de massa em vertentes são diferenciadas no regime específico, as classes muito elevada e elevada da classe moderada. Esta diferenciação das classes reflete uma aproximação ao modelo semafórico de gestão de riscos representado na Figura 27, onde a zona vermelha é proibicionista e na zona amarela permite a construção de forma condicionada a estudos de maior detalhe e/ou à responsabilização dos técnicos. No caso dos incêndios florestais, a utilização na cartografia e no regulamento das classes de perigosidade alta e muito alta é o reflexo da obrigatoriedade legal constante no Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 17/2009, de 14 de janeiro.

Os resultados da análise efetuada neste ponto constituem um reforço às conclusões obtidas no ponto 3.4 e à base de conhecimento do SADE. Em primeiro lugar, constata-se que existe alguma normalização na seleção dos perigos/riscos que integram os PDMs, decorrente das obrigações legais. Outro aspecto importante, consiste na utilização por alguns municípios das diferentes classes de perigo/risco associadas a diferentes condicionantes no regulamento. A ausência da vulnerabilidade, enquanto condicionante nos regulamentos dos PDMs, constitui para os municípios analisados um aspeto relevante na análise efetuada e que procurará colmatar com o desenvolvimento do SADE.

## 4.2.2. Vulnerabilidade/Índices Consequência

### 4.2.2.1. Definição e aspetos teóricos: Vulnerabilidade e Índices Consequência

À semelhança dos conceitos anteriores, também o conceito de “vulnerabilidade” é repleto de controvérsia, múltiplas definições e imprecisões. A título de exemplo, o relatório das Nações Unidas “*Living with risk*” (UNISDR, 2004) define vulnerabilidade como “as condições determinadas por fatores sociais, económicos e ambientais ou processos, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto dos perigos”. Se considerarmos a definição adotada nesta tese, proposta por Julião *et al.* (2009: 21) e descrita no ponto 1.8, rapidamente se percebe que a multiplicidade de definições é uma realidade diretamente proporcional às diferentes áreas de formação profissional, perceção e interdisciplinaridade associada ao conceito, traduzindo-se em variadas definições, presentes no artigo de Cutter (1996), em glossários (Thywissen, 2006; UNISDR, 2009) e em qualquer tese sobre vulnerabilidade (Emrich, 2005; Gall, 2007; Schmidtlein, 2008; Tate, 2011).

Como se poderá observar seguidamente, diferentes modelos conceptuais e analíticos referentes à “vulnerabilidade”, incluem nos elementos expostos a respetiva capacidade de resposta a uma catástrofe, podendo-se também sobre este termo encontrar uma grande panóplia de definições (UNISDR, 2004; Thywissen, 2006; UNISDR, 2009). Dada a sua importância no desenvolvimento do SADE, os aspetos teóricos relacionados com a capacidade de resposta, serão analisados num ponto posterior deste subcapítulo.

Birkmann (2006, 2007) descreve o conceito de “vulnerabilidade”, como tendo sido continuamente ampliado no sentido de uma abordagem mais abrangente, englobando a suscetibilidade, a exposição, capacidade de resposta e adaptação, bem como diferentes dimensões, tais como a física, social, económica, ambiental e vulnerabilidade institucional, constituindo a Figura 34 a representação evolutiva do conceito, apresentada pelo autor.

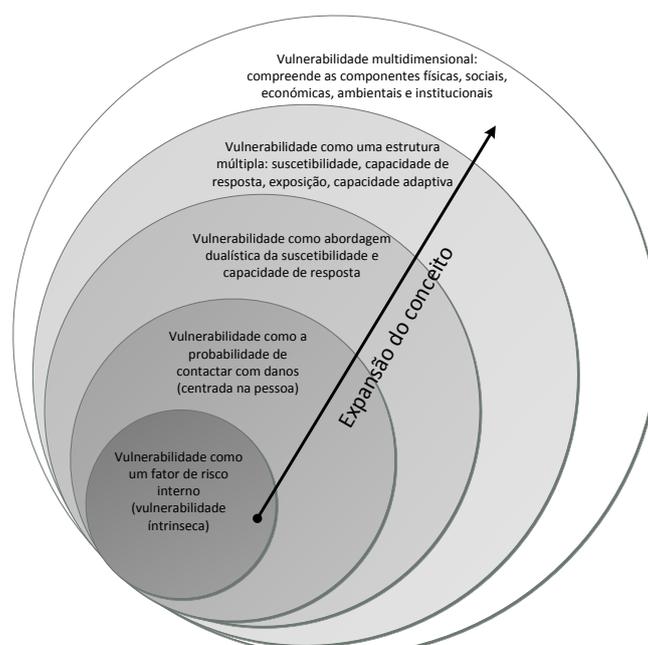
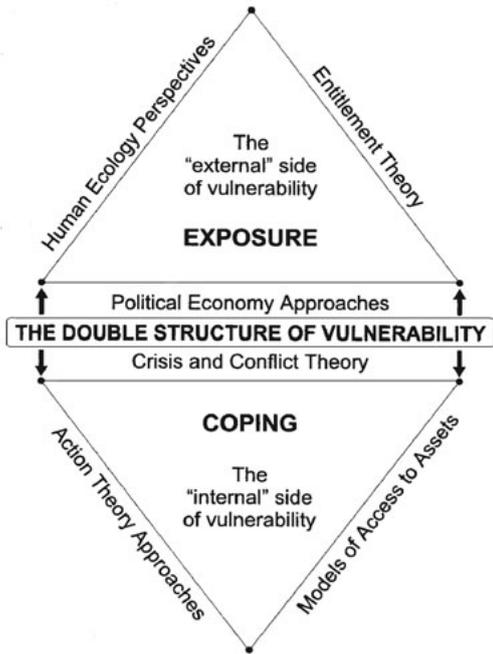


Figura 34 - As esferas da vulnerabilidade (Adaptado de Birkmann, 2007:22)

O relatório das Nações Unidas *“Living with risk”* (UNISDR, 2004) considera quatro grandes áreas em que diferentes aspetos da vulnerabilidade podem ser agrupados, mostrando que todas as áreas interagem umas com as outras, podendo-se encontrar na literatura outras dimensões como a institucional, política ou a ecológica (Taubenböck, 2011). De uma forma sintética, a vulnerabilidade física refere-se ao potencial impacto físico sobre o edificado e a população, a vulnerabilidade económica aos potenciais impactos sobre os ativos e os processos económicos, a vulnerabilidade ambiental aos potenciais impactos de eventos sobre o ambiente e a vulnerabilidade social aos potenciais impactos de uma catástrofe ou desastre grave sobre alguns grupos sociais, tais como os pobres, famílias monoparentais, grávidas, deficientes, crianças ou idosos.

Birkmann (2007), sobre os diferentes modelos conceptuais e analíticos associados ao conceito de vulnerabilidade, identificou seis abordagens diferentes (Figura 35), designadamente:

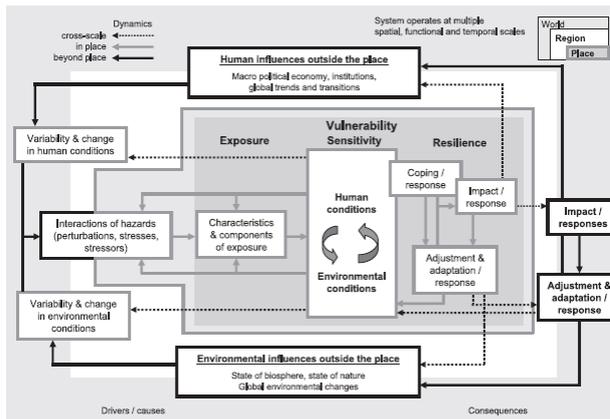
1. O modelo da dupla estrutura da vulnerabilidade (Bohle, 2001 citado por Birkmann, 2007) organiza o conceito de vulnerabilidade na perspectiva interna, associada à exposição e na perspectiva externa, associada à capacidade de resposta (Figura 35a).
2. Os marcos conceptuais do risco (Davidson, 1997; Bollin *et al.*, 2003 citados por Birkmann, 2007) assumem o risco enquanto resultado combinado das estruturas económicas, da vulnerabilidade social, física, ambiental e a capacidade do sistema social, económico e de planeamento em dar resposta (Figura 35b).
3. O modelo da comunidade das alterações globais ambientais (Turner *et al.*, 2003 citado por Birkmann, 2007) mostra uma definição mais ampla de vulnerabilidade, que engloba exposição, a sensibilidade e a capacidade de resposta, incluindo a adaptação e respostas (Figura 35c).
4. O modelo Pressure and Release (PAR) (Wisner *et al.*, 2004 citado por Birkmann, 2007) enfatiza as causas, dinâmicas e pressões que determinam a vulnerabilidade e as condições inseguras (Figura 35d).
5. A abordagem holística para a avaliação e gestão do risco (Cardona, 1999 e 2001; Cardona e Barbat, 2000; Carreno *et al.*, 2004, 2005a, 2005b citados por Birkmann, 2007) considera a exposição, a suscetibilidade, as fragilidades socioeconómicas e a falta de resiliência, apresentando os danos potenciais nas estruturas físicas e ambientais como *“soft risk”* e os danos nas comunidades e instituições como *“hard risk”* (Figura 35e).
6. O último modelo conceptual (Birkmann e Bogardi, 2004 e Cardona, 1999 e 2001 citados por Birkmann, 2007) descreve a vulnerabilidade como um processo que vai para além da estimativa dos danos e da probabilidade de perda, salientando a necessidade de se focar em simultâneo nos elementos expostos e nas capacidades de resposta/preparação (Figura 35f).



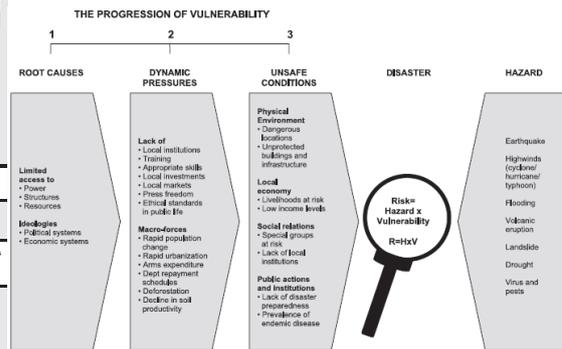
a) O modelo da dupla estrutura da vulnerabilidade (Bohle, 2001 citado por Birkmann, 2007)



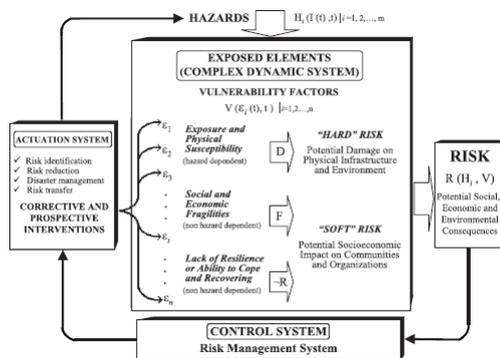
b) Marcos conceituais do risco (Davidson, 1997; Bollin *et al.*, 2003 citados por Birkmann, 2007)



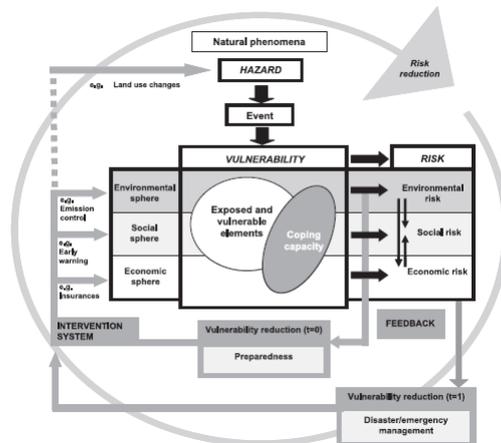
c) Modelo da comunidade das alterações globais ambientais (Turner *et al.*, 2003 citado por Birkmann, 2007)



d) O modelo Pressure and Release (PAR) (Wisner *et al.*, 2004 citado por Birkmann, 2007)



e) Abordagem holística para a avaliação e gestão do risco (Cardona, 1999 e 2001; Cardona e Barbat, 2000; Carreno *et al.*, 2004, 2005a, 2005b citados por Birkmann, 2007)



f) O modelo conceitual BBC (Birkmann e Bogardi, 2004 e Cardona, 1999 e 2001 citados por Birkmann, 2007).

Figura 35 - Modelos conceituais e analíticos associados ao conceito de vulnerabilidade

De uma forma genérica a expressão da vulnerabilidade pode ser visualizada através de índices de vulnerabilidade, curvas de vulnerabilidade, curvas de fragilidade ou tabelas de vulnerabilidade que relacionam o dano esperado com a intensidade do perigo e que se centram maioritariamente na vulnerabilidade física. É possível, apesar de terem uma expressão mais reduzida, encontrar vários trabalhos que procuram quantificar a vulnerabilidade social (Emrich, 2005; Gall, 2007; Schmidtlein, 2008; Tate, 2011, Flanagan *et al.*, 2011; Burton, 2012). Pela sua disseminação e maturação, o Índice de Vulnerabilidade Social SOVI<sup>9</sup> constitui uma referência incontornável neste domínio. O Índice de Vulnerabilidade Social SOVI mede a vulnerabilidade social dos municípios (*county*) norte-americanos para os perigos ambientais, com base em sete componentes. Essas componentes incluem raça e classe social; rendimento; idade; etnia (hispanica e indígena americana), portadores de necessidades especiais e emprego no setor dos serviços, encontrando-se a sua explicação detalhada em Cutter *et al.* (2003). É possível encontrar na literatura outras abordagens para medir a vulnerabilidade social, aplicadas a outros países, como por exemplo a metodologia proposta por Dwyer *et al.* (2004) para a Austrália ou abordagem metodológica proposta por Mendes *et al.* (2011) para Portugal, mas que apresentam sempre o mesmo propósito.

Na área da vulnerabilidade social é possível contactar com várias metodologias, sendo mais difícil de encontrar metodologias de quantificação para todo o espectro da vulnerabilidade (física, ambiental, social e económica) e para escalas grandes. Estas metodologias assumem especial relevância no contexto de desenvolvimento do SADE, uma vez que constituem referências passíveis de adotar à escala municipal. No domínio da quantificação da vulnerabilidade, a metodologia proposta por Bollin e Hidajat (2006) é um bom exemplo de quantificação abrangente da vulnerabilidade aplicável à escala da comunidade (Quadro 17).

Quadro 17 - Indicadores de vulnerabilidade e capacidade de resposta (Adaptado de Bollin e Hidajat, 2006)

Fator principal	Nome do indicador	Indicador
<b>VULNERABILIDADE</b>		
<b>Física/demográfica</b>	V1) Densidade demográfica V2) A pressão demográfica V3) Habitações inseguras V4) O acesso aos serviços básicos	Densidade populacional Taxa de crescimento populacional Casas áreas propensas ao perigo % dos alojamentos com água potável canalizada
<b>Social</b>	(V5) Nível de pobreza (V6) Taxa de alfabetização (V7) Atitude (V8) Descentralização (V9) Participação da Comunidade	% da população abaixo do nível de pobreza % da população adulta que sabe ler e escrever Prioridade da população para se proteger contra um perigo Parcela da receita auto-gerada do orçamento total % eleitores nas últimas eleições locais
<b>Económica</b>	(V10) Base de recursos locais (V11) Diversificação (V12) As pequenas empresas (V13) Acessibilidade	Orçamento local total disponível Variedade do emprego por setor económico % das empresas com menos de 20 empregados Número de interrupções do acesso rodoviário em 30 anos
<b>Ambiental</b>	(V14) Área florestadas (V15) Terras degradadas (V16) Terra sobreutilizadas	% da área do município coberta por floresta % da área com solo degradado / erosão / desertificados % da terra agrícola, que é sobreutilizada

<sup>9</sup> URL: <http://webra.cas.sc.edu/hvri/products/sovi.aspx>, consultado em 1.1.2014

<b>MEDIDAS DE RESPOSTA</b>		
<b>Planeamento</b>	(C1) O planeamento do território (C2) Os códigos de construção (C3) Manutenção (C4) Estruturas preventivas (C5) A gestão ambiental	Zonamento forçado Códigos de construção aplicados Manutenção regular Efeito esperado sobre as estruturas de limitação de impacto Medidas que promovam a conservação da natureza e seu cumprimento
<b>Sociedade</b>	(C6) programas de consciencialização pública (C7) Os currículos escolares (C8) Exercícios de resposta a emergências (C9) A participação do público (C10) Grupos de gestão de risco local / emergência	Frequência de programas de consciencialização pública Âmbito de tópicos relevantes ensinados na escola Comissão de emergência em curso com os representantes públicos Grau de organização dos grupos locais
<b>Economia</b>	(C11) Fundos de emergência locais (C12) O acesso a fundos de emergência nacionais (C13) O acesso a. fundos de emergência internacionais (C14) Mercado de Seguros (C15) Empréstimos para Mitigação (C16) Empréstimos para a reconstrução (C17) Obras públicas	Fundos de emergência locais em% do orçamento local Período de lançamento de fundos de emergência nacional Acesso a fundos de emergência internacionais Disponibilidade de seguros para edifícios Disponibilidade de empréstimos para as medidas de redução de risco de desastres Disponibilidade de créditos de reconstrução Magnitude do público local programas de obras
<b>Instituições</b>	(C18) Comissão de emergência (C19) Cartografia de Risco (C20) Plano de Emergência (C21) Sistema de alerta (C22) Capacitação institucional (C23) Comunicação	

Lumbroso e Woolhouse (2007), no contexto do já referido projeto de investigação, financiado pela UE, designado por ARMONIA (*Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, 6th Framework Programme*), apresentaram uma metodologia para avaliação de risco, que para ultrapassar a limitação associada à falta de funções detalhadas de vulnerabilidade, propõe a utilização de dois tipos de índices: os índices de perigo e os índices consequência.

Os índices consequência compreendem uma medida de vulnerabilidade e exposição. Os índices de risco são obtidos a partir da ponderação do *score* do perigo em análise pelo índice consequência. Os índices de risco são combinados para produzir um índice de risco para cada perigo (Figura 36).

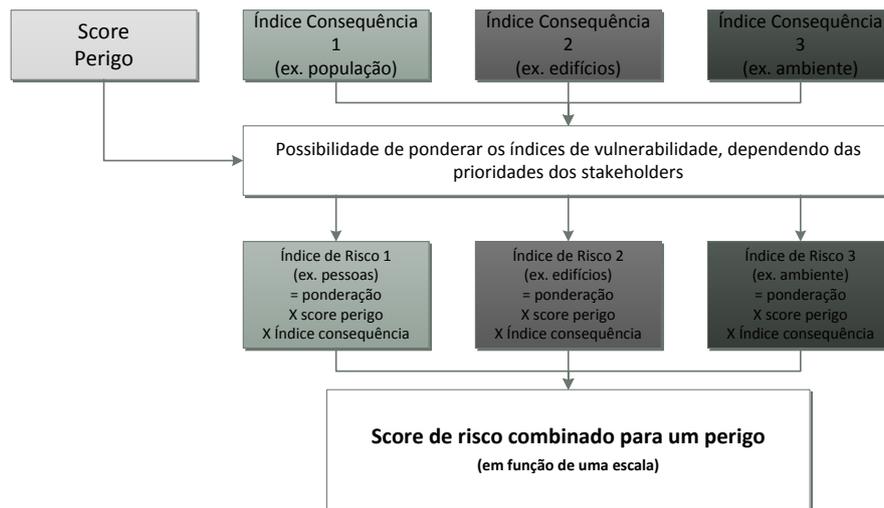


Figura 36 - Metodologia para determinação de um índice de risco para um determinado perigo natural (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007)

Os índices consequência foram desenvolvidos para uma série de elementos expostos, como por exemplo: pessoas, edifícios residenciais, rede rodoviária, agricultura e outros edifícios (por exemplo, áreas comerciais e industriais, aeroportos).

Os índices consequência foram aplicados no projeto ARMONIA para os perigos das cheias/inundações, sismos, movimentos de vertente, vulcanismo e incêndios florestais.

Estes índices têm em conta dois aspetos particularmente importantes que são a vulnerabilidade dos elementos expostos e a exposição dos elementos expostos e que permitem, de acordo com o fluxograma da Figura 37 obter os vários índices consequência.

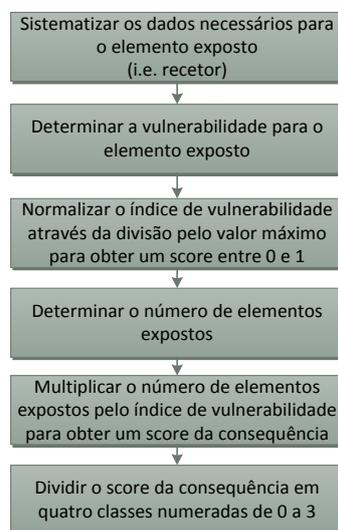


Figura 37 - Fluxograma para determinação do índice consequência (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007)

No contexto de implementação do SADE, e não obstante as múltiplas definições e diferentes perspectivas de vulnerabilidade afluídas neste ponto devem-se salientar dois aspectos estruturantes. O primeiro diz respeito à utilização da vulnerabilidade no modelo de análise de risco no SADE. O segundo consiste na sua utilização à escala municipal numa perspetiva multidimensional, a desenvolver no ponto 5.1.3.1.2 desta tese.

### 4.2.3. Elementos expostos

#### 4.2.3.1. Definição e aspetos teóricos: Elementos expostos

À semelhança da definição anterior e apesar da multiplicidade de definições para os elementos expostos aos diferentes perigos (UNISDR, 2004; Thywissen, 2006; UNISDR, 2009), é adotada a definição proposta por Julião *et al.* (2009: 21), conforme se pode observar no ponto 1.8 desta tese.

Como nota Westen *et al.* (2011), a diversidade de métodos de classificação de elementos expostos, depende do país, do contexto, dos objetivos da avaliação dos riscos, da escala ou dos recursos disponíveis, mostrando o Quadro 18 um exemplo de classificação apresentado pelo autor.

Quadro 18 - Classificação dos elementos expostos (Adaptado de Westen *et al.*, 2011:4-3)

<b>Elementos físicos</b> Edifícios: uso do solo urbano, tipos de construção, altura do edifício, idade de construção, área total, custos reconstrução. Monumentos e património cultural.	<b>População</b> Densidade de população, a distribuição espacial, distribuição no tempo, distribuição etária, distribuição por sexo, deficientes, distribuição por rendimento.
<b>Infraestruturas críticas</b> Abrigos de emergência, escolas, hospitais, quartéis de bombeiros, esquadras de polícia.	<b>Aspetos socioeconómicos</b> Organização da população, governança, organização da comunidade, o apoio governamental, níveis socioeconómicos. Património e tradições culturais.
<b>Infraestruturas de transporte</b> Estradas, ferrovias, metro, sistemas de transporte público, instalações portuárias, instalações aeroportuárias.	<b>Atividades económicas</b> A distribuição espacial das atividades económicas, a dependência, a redundância, o desemprego, a produção económica em vários setores.
<b>Infraestruturas básicas</b> O abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, abastecimento de gás, telecomunicações, rede de telemóvel, sistema de esgotos.	<b>Elementos ambientais</b> Ecossistemas, áreas protegidas, parques naturais, áreas ambientalmente sensíveis, florestas, zonas húmidas, aquíferos, flora, fauna, biodiversidade.

Os exemplos de classificação de elementos expostos existentes na literatura são variados, devendo-se, destacar a metodologia “Hazus”, desenvolvida pela Agência Federal Americana para a Gestão da Emergência (*Federal Emergency Management Agency - FEMA*) pela sua disseminação e nível de desenvolvimento. A abordagem Hazus consiste numa metodologia padronizada aplicável nos Estados Unidos da América que contém modelos para estimar as perdas potenciais de sismos, inundações e furacões, suportada pela tecnologia SIG para estimar os impactos físicos, económicos e sociais associados a catástrofes e desastres<sup>10</sup>. Neste contexto, salienta-se ainda pelo objetivo de suporte ao desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial e sistematização em sistemas de informação geográfica dos elementos expostos para avaliação da vulnerabilidade a determinados perigos, a proposta de Menoni *et al.* (2006) para categorização de elementos expostos que se resume no Quadro 19.

<sup>10</sup> Existem vários exemplos de utilização e adaptação da metodologia Hazus fora dos Estados Unidos da América, constituindo em Portugal o Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ANPC, 2010) um exemplo de introdução de correções associadas às especificidades regionais.

Quadro 19 - Tipos de entidades e categorias dos elementos expostos (Adaptado de Menoni *et al.*, 2006: 35)

Tipo de entidade	Elemento exposto
Área	População
Áreas – Tecido urbano	Edifícios
Áreas – Áreas naturais e agrícolas	As terras aráveis e áreas heterogêneas Floresta Culturas permanentes
Linhas	Rede viária Outras infraestruturas (redes)
Pontos	Áreas comerciais Monumentos Centros industriais (incluindo instalações perigosas) Nós de transportes (aeroportos, estações de caminhos de ferro, portos, etc.) Os serviços de emergência (hospitais, quartéis de bombeiros, etc.)

Os elementos expostos do SADE, aplicados ao caso de estudo tiveram em consideração o conceito adotado e a tipologia de entidades de Menoni *et al.* (2006), conforme se pode verificar no ponto 6.4.2 da tese.

#### 4.2.4. Capacidade de resposta

##### 4.2.4.1. Definição e aspetos teóricos: Capacidade de resposta

Conforme referido, é possível encontrar uma grande panóplia de definições no que respeita ao conceito de capacidade de resposta (UNISDR, 2004; Thywissen, 2006; UNISDR, 2009).

Na presente tese, é adotada a definição proposta no glossário das Nações Unidas (UNISDR, 2009), descrita no ponto 1.8.

Na perspetiva de Thywissen (2006), para além das estratégias e medidas que atuam diretamente sobre os danos durante o evento a capacidade de resposta, abrange as estratégias adaptativas que modificam o comportamento ou atividades, a fim de contornar ou evitar efeitos prejudiciais, contemplando o conceito de resiliência estas características e a capacidade de permanecer em funcionamento durante um evento e para se recuperar completamente dele (Figura 38).



Figura 38 - Resiliência enquanto conceito abrangente (Adaptado de Thywissen, 2006: 38)

Esta questão constitui um eixo de investigação, onde se podem encontrar várias teses que se debruçam na forma como se pode definir e medir a capacidade de resposta e a resiliência (Manyena, 2009; Burton, 2012). Não obstante o elevado interesse do tema, acentuado pelas várias análises, discussões e perspetivas existentes, importa no contexto desta tese, salientar que o conceito de capacidade de resposta definido pelo UNISDR em 2009 e adotado nesta

tese, é entendido como uma componente fulcral de apoio à decisão no ordenamento do território, conforme se pode verificar no ponto 6.4.4.

### **4.3. A COMPONENTE DE GESTÃO DO(S) MODELO(S) – A ANÁLISE MULTICRITÉRIO NA AVALIAÇÃO DE RISCO QUALITATIVA E O MODELO DE TRANSFORMAÇÃO DO USO DO SOLO**

É frequente o desenvolvimento de uma componente de gestão de modelos (ver Figura 23 referente às componentes do SADE adotadas) num sistema de apoio à decisão espacial que permita a interação com a base de dados espaciais e as funcionalidades dos sistemas de informação geográfica para produzir novas informações para o processo de tomada de decisão (Sugumaran e DeGroot, 2011).

Para a implementação do sistema de apoio à decisão espacial (SADE) que constitui o objetivo desta tese, considerou-se uma abordagem de análise multicritério para determinação dos pesos (valores por defeito sugeridos pelo sistema) no processo de avaliação de risco e outra abordagem referente à análise sobre o processo de transformação do uso do solo com base na avaliação de risco obtida pelo sistema. Nos pontos seguintes descrevem-se as técnicas de modelação adotadas e os modelos de transformação do uso do solo utilizados na avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa.

#### **4.3.1. A Análise Multicritério**

##### **4.3.1.1. Na abordagem semiquantitativa**

###### **4.3.1.1.1. O modelo de análise multicritério utilizado na avaliação semiquantitativa da vulnerabilidade**

A utilização de técnicas de análise multicritério em análise de risco é relativamente comum. Constituem exemplos na utilização destas técnicas o trabalho de Lari *et al.* (2009) onde através da técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*<sup>11</sup>) são elaborados vários mapas multirisco, ou o trabalho de Deck e Verdell (2012) onde é utilizada a técnica ELECTRE no domínio de um zonamento de risco.

Para efeitos de análise multicritério existem várias técnicas, conforme se pôde verificar na revisão da literatura, podendo encontrar-se em vários trabalhos a sua descrição pormenorizada ou as suas vantagens/desvantagens, constituindo os trabalhos de Bana e Costa *et al.* (2004); Bana e Costa *et al.* (2013) ou de Simões (2013) bons exemplos a este respeito. Para a implementação do sistema de apoio à decisão espacial que esta tese propõe existe a necessidade de aferir os pesos dentro da componente consequência no modelo de risco semiquantitativo a implementar e conseqüentemente adotar uma técnica de análise multicritério. A Figura 39 é um extrato do modelo de risco adotado no sistema de apoio à decisão onde se observa que relativamente às consequências existem quatro componentes

---

<sup>11</sup> O método AHP foi desenvolvido por Saaty (1980) em meados da década de 1980. Este método tem como objetivo modelar um problema de decisão, representando e quantificando as variáveis envolvidas numa hierarquia de critérios ponderados por preferências (pesos).

(física (F), social (S), económica (E) e ambiental (A)) e que entre elas é necessário avaliar os pesos, existindo também para a componente física a necessidade de aferir os pesos entre os índices consequência F1, F2, F3, Fn. A avaliação dos pesos com recurso à análise multicritério deve-se ao facto desta se aplicar a problemas complexos, constituir uma abordagem simples, flexível e que permite obter resultados robustos.

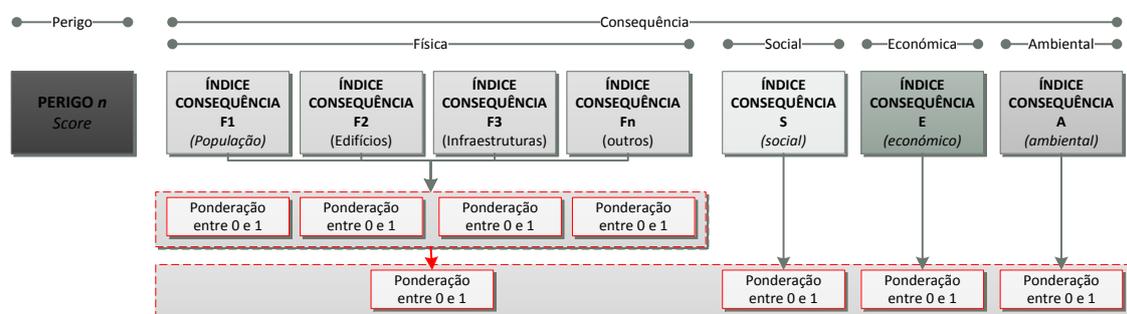


Figura 39 - Visão simplificada do modelo de análise de risco a adotar

Tendo presente que o objetivo é obter uma avaliação quantitativa, com base em vários critérios e que permita transformar escalas ordinais em cardinais optou-se pela adoção do método multicritério de apoio à decisão MACBETH<sup>12</sup>. Num exercício comparativo sobre os métodos multicritério mais conhecidos, Bana e Costa *et al.* (2013) afirmam que a informação preferencial na abordagem MACBETH se situa num nível intermédio entre o ordinal (da abordagem ELECTRE) e o cardinal (da abordagem AHP), porque o juízo qualitativo pedido ao avaliador é sobre a diferença e não a razão de valor entre cada duas opções.

Na secção seguinte são descritos os aspetos teóricos gerais e as etapas associadas ao método MACBETH. A última secção descreve a aplicação do método MACBETH na avaliação multicritério dos índices consequência que integram o modelo de risco do sistema de apoio à decisão espacial que se pretende implementar.

#### 4.3.1.1.2. Método MACBETH – Aspetos gerais e etapas

O MACBETH é um método de apoio à decisão que permite avaliar opções levando em conta múltiplos critérios (Bana e Costa *et al.*, 2005a). Distingue-se de outros métodos multicritério, como por exemplo AHP, por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade (Bana e Costa *et al.*, 2013). Cria uma matriz de julgamentos a partir de diferenças de atratividade, recorrendo a sete categorias semânticas de diferença de atratividade: diferença de atratividade nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema (Bana e Costa *et al.*, 2005a). Conforme se pode verificar no Guia do Utilizador do *software* M-MACBETH (Bana e Costa *et al.*, 2005a), com base nos julgamentos do avaliador, são sugeridos e discutidas as escalas de pontuações em cada critério e pesos relativos para os critérios, seguindo-se o cálculo da pontuação global para cada opção, fazendo a soma ponderada das suas pontuações nos múltiplos critérios.

<sup>12</sup> *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique* (Medir a Atractividade por uma Técnica de Avaliação Baseada em Categorias) é um método para apoio à decisão multicritério desenvolvido na década de 1990 por Bana e Costa e Vansnick (1995).

Neste texto, não serão abordados os formalismos matemáticos nem aprofundada a base teórica do método de apoio à decisão – estes formalismos podem ser encontrados em detalhe em Bana e Costa e Vansnick (1995) ou Bana e Costa *et al.* (2005b). Importa referir que o processo MACBETH de apoio à tomada de decisões é composto pelas seguintes etapas que irão constituir a estrutura organizativa da aplicação à avaliação de risco proposta mais à frente: Estruturação, Avaliação e Recomendações. Assim as diferentes fases de construção do modelo podem ser sintetizadas da seguinte forma: estruturação dos pontos de vista e identificação dos critérios e definição das opções a serem avaliadas e as suas performances, avaliação da atratividade de cada opção em cada critério e ponderação dos critérios, exploração e análise da sensibilidade e robustez dos resultados do modelo.

#### 4.3.1.1.3. Aplicação do modelo de avaliação multicritério à avaliação da vulnerabilidade

Nesta secção é descrita aplicação da metodologia de avaliação multicritério no contexto da avaliação de risco semiquantitativa preconizada no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial. A construção do modelo foi desenvolvido com a colaboração da responsável pelo PDM do município de Oeiras. O motivo para este desenvolvimento deve-se ao facto do município de Oeiras constituir o caso de estudo para implementação do sistema de apoio à decisão. Seguidamente descrevem-se as diferentes fases e opções que conduziram à atribuição de pesos e construção da função que conduz ao critério síntese.

##### 4.3.1.1.3.1. *Estruturação em Árvore de Valor*

A estruturação do problema permitiu identificar os pontos de vista relevantes à tomada de decisão e quais é que terão maior influência em diferentes perspetivas de minimização dos riscos. A avaliação do risco semiquantitativo foi dividida em dois submodelos, correspondendo a dois ficheiros do *software* M-MACBETH. O primeiro submodelo corresponde ao conjunto das quatro componentes relativa às consequências físicas, sociais, económicas e ambientais, e o segundo aos índices consequência que compõem a consequência física, designadamente o índice consequência relativo à população, o índice consequência relativo ao edificado e o índice consequência relativo às infraestruturas.

Com base nos conceitos adotados no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão, foram definidos os pontos de vista fundamentais para a comparação de alternativas de avaliação da vulnerabilidade. Na Figura 40, apresenta-se a árvore de valor construída no *software* M-MACBETH, onde é possível de observar as quatro componentes de avaliação.

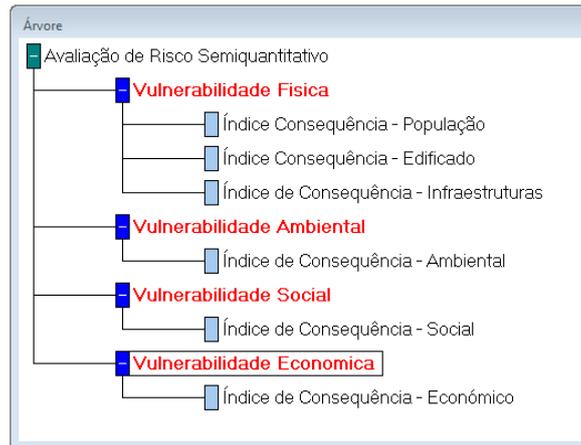


Figura 40 - Árvore de Valor M-MACBETH de todos os PV e a vermelho os PVF

No caso em estudo, foram consideradas três alternativas de minimização de riscos através das diferentes componentes da vulnerabilidade. A primeira alternativa (A1) corresponde à alternativa não intervencionista, ou seja, a perspectiva de desenvolvimento segundo a tendência onde não existem quaisquer medidas de intervenção relacionadas com a minimização de riscos. A segunda alternativa (A2), corresponde ao desenvolvimento urbanístico, condicionado à integração de medidas mitigadoras no projeto que permitam demonstrar a redução da perigosidade (ex. regularização do curso de água, limpeza florestal...) ou da vulnerabilidade dos elementos expostos (ex. diminuição da área construída, restrição de construção a determinadas atividades económicas...). A terceira alternativa (A3), corresponde à perspectiva proibicionista, onde não é permitido todo e qualquer desenvolvimento urbanístico localizado numa área perigosa.

#### 4.3.1.1.3.2. Descritores de Desempenho

A segunda etapa consistiu na operacionalização dos pontos de vista fundamentais através da elaboração dos descritores de desempenho. O descritor de um ponto de vista fundamental consiste numa escala de níveis de desempenho ordenado de um determinado indicador relacionado com o ponto de vista fundamental (Simões, 2013). Tendo presente o modelo de vulnerabilidade, preconizado para o desenvolvimento do sistema de apoio, foi desenhada uma escala genérica de níveis de desempenho para todos os descritores. Esta escala genérica foi elaborada com base na matriz de gravidade de Saunders *et al.* (2013) (Quadro 20).

Quadro 20 - Descritores de desempenho para os critérios

	População   Edificado   Infraestruturas	Social	Economia	Ambiente
V	> 101 mortos ou >50% edifícios afetados ou infraestruturas fora de serviço > 4 semanas	>25% idosos afetados ou >25% crianças afetados	>10% PIB regional	Efeitos severos, com consequências a longo prazo
IV	11 - 100 mortos ou 21 a 49% edifícios afetados ou infraestruturas fora de serviço 1 a 4 semanas	10 a 24% idosos afetados ou 10 a 24% crianças afetados	1 – 9,9% PIB regional	Efeitos graves, com consequências a longo prazo
III	2 - 10 mortos ou	5 a 9% idosos afetados ou	0,1% - 0,9% PIB regional	Efeitos moderados, com

	11 a 20% edifícios afetados infraestruturas fora de serviço 1 dia a 1 semana	5 a 9% crianças afetados		consequências de curto prazo
II	<=1 morto ou 2 a 10% edifícios afetados ou infraestruturas fora de serviço 2 horas a 1 dia	2 a 5% idosos afetados ou 2 a 5% crianças afetados	0,01 – 0,09% PIB regional	Efeitos menores no ambiente
I	<=1 morto ou <1% edifícios afetados ou infraestruturas fora de serviço <2 horas	<1% idosos afetados ou <1% crianças afetados	< 0,01% PIB regional	Efeitos insignificantes no ambiente

Adaptado de Saunders *et al.* (2013)

#### 4.3.1.1.3.3. Funções de Valor

A etapa seguinte, da metodologia MACBETH, consiste na construção das funções de valor para cada critério, de forma a converter desempenho em valor, recorrendo a juízos qualitativos para o preenchimento das matrizes de julgamento que indicam a diferença de atratividade entre os níveis de desempenho do critério (Simões, 2013). O processo de formulação dos juízos de valor pela responsável pelo PDM de Oeiras, baseou-se no modo de diálogo da abordagem MACBETH: para cada par de níveis de impacto  $N_x$  e  $N_y$ , com  $N_x$  preferível a  $N_y$ , o decisor foi confrontado com a questão: “a diferença de atratividade entre  $N_x$  e  $N_y$  é: muito fraca (1), fraca (2), moderada (3), forte (4), muito forte (5), ou extrema (6)” (Bana e Costa *et al.*, 2004). O exemplo da Figura 41, mostra no *software* MACBETH, para os juízos formulados, a respetiva função de valor.

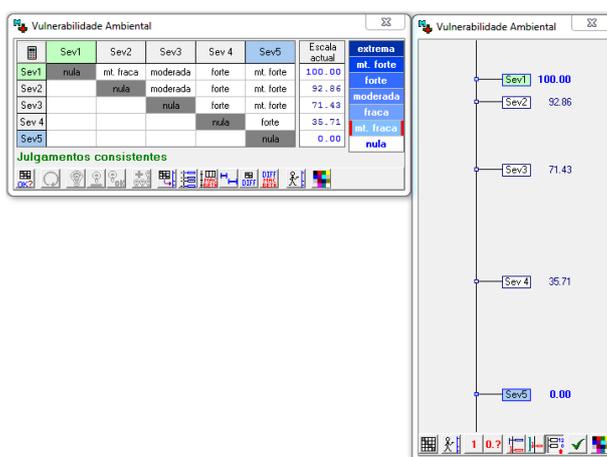


Figura 41 - Aplicação MACBETH ao ponto de vista da vulnerabilidade ambiental

#### 4.3.1.1.3.4. Avaliação em cada componente

Na elaboração dos coeficientes de ponderação de cada critério, e especificamente para a componente de vulnerabilidade física, é construído um novo ficheiro do *software* M-MACBETH, que inclui as subcomponentes da vulnerabilidade física. Após a ordenação dos critérios, efetua-se o preenchimento das matrizes de julgamento, através dos juízos qualitativos sobre a diferença de atratividade entre pares de ações de referência, prestados pelo decisor. O preenchimento da matriz de julgamentos permite obter os coeficientes de ponderação das subcomponentes da vulnerabilidade física e de cada componente de vulnerabilidade (Figura 42).

**Ponderação (Avaliação de Risco Semiquantitativo)**

	[V1]	[V2]	[V3]	[V4]	[ tudo inf. ]	Escala actual	
[V1]	nula	fraca	mfrac-frac	frac-mod	positiva	46.15	extrema
[V2]		nula	fraca	fraca	positiva	30.77	mt. forte
[V3]			nula	mfrac-frac	positiva	15.39	forte
[V4]				nula	positiva	7.69	moderada
[ tudo inf. ]					nula	0.00	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

Figura 42 – Matriz de Julgamentos para as componentes de vulnerabilidade

#### 4.3.1.1.3.5. Análise de resultados

Após a construção modelo MACBETH, obtêm-se os resultados através de uma tabela de pontuações, refletindo a Figura 43 as pontuações para as várias componentes do modelo de vulnerabilidade.

**Tabela de pontuações**

Opções	Global	VF	VA	VS	VE
A1	81.22	70.59	92.86	86.67	87.50
A2	89.36	88.24	92.86	86.67	87.50
A3	97.80	100.00	92.86	100.00	100.00
[ tudo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[ tudo inf. ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.4615	0.3077	0.1539	0.0769

Figura 43 – Tabela de pontuações

Utilizando a fórmula do modelo aditivo hierárquico foi possível através dos coeficientes de ponderação de cada componente, e as pontuações obtidas através da aplicação do modelo, obter-se uma classificação geral para as alternativas que foram idealizadas. No Quadro 21 é possível observar a agregação parcial dos valores segundo todos os pontos de vista que integram o modelo de avaliação da vulnerabilidade e subcomponentes da vulnerabilidade física. Nas linhas A1, A2 e A3, correspondentes às alternativas, podem observar-se as pontuações obtidas a partir dos julgamentos introduzidos na matriz, por componente de vulnerabilidade (VF, VS, VE e VA) e na última linha os pesos resultantes.

Quadro 21 - Resultados da avaliação das alternativas

Alternativa	Componente Física			Componente Social	Componente Económica	Componente Ambiental	
	População	Edificado	Infraestruturas	VF	VS	VE	VA
A1	70.59	71.43	60.0	70.59	86.87	87.5	92.86
A2	88.24	92.86	86.87	88.24	86.87	87.5	92.86
A3	100.0	92.86	100.0	100.0	100.0	100.0	92.86
Pesos	0.57	0.29	0.14	0.46	0.15	0.08	0.31

Para analisar em que medida as recomendações do modelo se alteram ao variar o peso de critério foi realizada uma análise de sensibilidade das quatro componentes de avaliação da vulnerabilidade (Figura 44), ou seja da robustez dos resultados do modelo, verificando-se a reduzida sensibilidade à alteração do valor dos pesos respetivos.

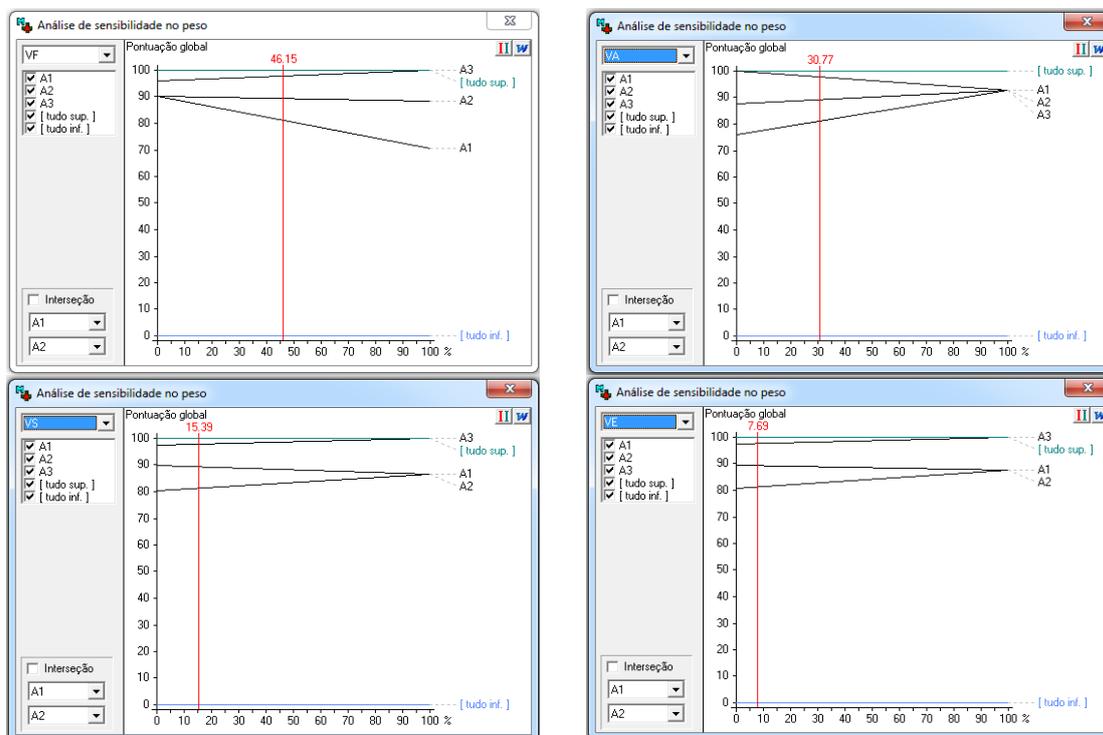


Figura 44 – Análise de sensibilidade dos valores dos pesos das componentes de avaliação da vulnerabilidade

#### 4.3.1.1.4. Síntese e conclusões

A abordagem MACBETH seguida nos pontos anteriores, revelou-se expedita e robusta na resposta ao objetivo principal de determinar os pesos da componente de vulnerabilidade a incluir no sistema de apoio à decisão como os valores apresentados por defeito. A principal limitação da abordagem, encontra-se relacionada com o recurso exclusivo ao decisor do município que constitui o caso de estudo de implementação do sistema de apoio à decisão. Não obstante esta limitação, foi possível estruturar os pontos de vista relevantes, na perspetiva da componente da vulnerabilidade, para a minimização dos riscos. Por outro lado, cada entidade pode aplicar o método MACBETH, obtendo assim pesos ajustados à sua realidade. Pelo facto da determinação dos pesos estar sujeita aos diferentes juízos prestados, os pesos que irão constar no sistema de apoio à decisão, e que por defeito são os determinados anteriormente, também poderão ser reajustados no interface, pelo utilizador, quer para o modelo de avaliação do risco qualitativo, quer para o modelo de avaliação do risco semiquantitativo.

#### 4.3.1.2. Na abordagem qualitativa

A componente de gestão do modelo referente à análise multicritério adotada na abordagem qualitativa de avaliação do risco foi adaptada a partir do trabalho de Saunders (2012), descrito na revisão da literatura (Ponto 2.2.2), tendo-se considerado a mesma metodologia

multicritério suportada no modelo SMG (S=seriousness, M=manageability, G=growth), onde os danos sociais têm um peso de 50%, o edificado 25%, a economia 15% e o ambiente 10%. Esta opção, deve-se ao facto da abordagem proposta por Saunders (2012), ser qualitativa, recente e orientada para o ordenamento do território.

Também nesta abordagem, os pesos que irão constar no sistema de apoio à decisão, poderão ser reajustados no interface, pelo utilizador, para o modelo de avaliação do risco qualitativo.

### 4.3.2. O modelo de transformação do uso do solo

#### 4.3.2.1. Na avaliação de risco semiquantitativa

Considerando os exemplos analisados na revisão da literatura para a Suíça, Itália e França, onde os princípios de alteração do uso do solo integram uma orientação para a transformação do uso do solo diferenciada em função da classe de perigosidade/suscetibilidade, por oposição à tradicional visão binária e proibicionista, foram adotados, de acordo com a matriz da Figura 45, os princípios de transformação do uso do solo do SADE, assentes nas diferentes classes de risco.

Risco	SOLO RÚSTICO	SOLO URBANO
ELEVADO	Proibida a construção	Proibida a construção (é autorizada excepcionalmente sob condições rigorosas)
MODERADO	Proibida a construção (é autorizada excepcionalmente sob condições rigorosas)	As condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas as medidas de mitigação
BAIXO	A construção é autorizada condicionalmente desde que asseguradas as condições especificadas para os perigos.	A construção é autorizada. Os proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas minimização.
NULO OU NÃO APLICÁVEL		

Figura 45 - Princípios de delimitação e de construção nas diferentes classes risco

A opção pela utilização das classes de risco reflete o conceito de risco adotado no SADE (ver ponto 4.1.2) onde para além da adoção clássica das classes de suscetibilidade/perigosidade no ordenamento do território é incorporado a componente da vulnerabilidade. O outro aspeto que deve ser salientado, prende-se com a diferenciação entre solo urbano e rústico (tendo-se para este efeito considerado o disposto na Lei n.º 31/2014, de 30 de maio) no processo de avaliação dos riscos nas diferentes classes de suscetibilidade/perigosidade e que permite evidenciar o carácter preventivo da matriz.

#### 4.3.2.2. Na avaliação de risco qualitativa

A componente de avaliação qualitativa de risco proposta assenta numa matriz de risco adaptada a partir do trabalho de Saunders (2012), pormenorizada no ponto referente à revisão da literatura. Esta opção, como já foi referido anteriormente deve-se ao facto da abordagem proposta ser qualitativa, recente e orientada para o ordenamento do território.

Esta matriz de risco relaciona a probabilidade com as consequências a partir de critérios muito precisos, permitindo determinar diferentes níveis de risco e correspondentes possibilidades de transformação do uso do solo. A utilização da matriz de risco, para determinar a possibilidade de transformação do uso do solo será efetuada de acordo com a matriz da Figura 46.

Probabilidade	Consequências					
	1	2	3	4	5	6
7	7	14	21	28	35	42
6	6	12	18	24	30	36
5	5	10	15	20	25	30
4	4	8	12	16	20	24
3	3	6	9	12	15	18
2	2	4	6	8	10	12
1	1	2	3	4	5	6

Níveis de risco	Possibilidade transformação
Aceitável	Permitida
Tolerável	Controlada
Tolerável com restrições	Restrita
Intolerável	Proibida

Figura 46 – Matriz de avaliação do risco para transformação do uso do solo

### 4.4. A COMPONENTE DE GESTÃO DO INTERFACE – A VISUALIZAÇÃO E OS RESULTADOS (RELATÓRIOS)

A componente de gestão do interface (ver Figura 23 referente às componentes do SADE adotadas) providencia o canal entre o utilizador do sistema, onde são introduzidos pelo utilizador os dados e parâmetros de *input*, devolvendo o sistema os resultados sobre forma tabular e cartográfica (Sugumaran e DeGroot, 2011). Assumindo o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial para ambiente web acessível e flexível e considerando um processo de introdução de *inputs* e exploração sequencial de resultados, apresenta-se no ponto seguinte o esquema do interface e os requisitos necessários na sua concepção.

#### 4.4.1. Os requisitos do interface

Tendo presente os conceitos e princípios enunciados nas componentes anteriores do sistema, foi desenhado um esquema que sintetiza o processo de análise desenvolvido no sistema de apoio à decisão espacial e que serve de base à concepção do interface (Figura 47). De uma forma genérica, podem identificar-se quatro fases no processo:

- 1) Definição da área de intervenção e introdução de dados (*inputs*);
- 2) Componentes de processamento (Análise de risco qualitativa e semiquantitativa);
- 3) Geração e análise dos resultados (*outputs*);
- 4) Tomada de decisão.

	Análise Qualitativa	Análise Semiquantitativa
Fase 1 Delimitação da área de análise e definição de cenários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação do cenário (Nome, localização...)</li> <li>• Seleção dos temas/perigos a considerar no cenário</li> <li>• Seleção dos temas/elementos expostos a considerar no cenário</li> <li>• Introdução dos inputs do modelo qualitativo (probabilidade e danos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificação do cenário (Nome, localização...)</li> <li>• Seleção dos temas/perigos a considerar no cenário</li> <li>• Seleção dos temas/elementos expostos a considerar no cenário</li> <li>• Delimitação sobre mapa da área de análise a considerar no cenário</li> </ul>
Fase 2 Análise de risco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução dos pesos das componentes dos modelos de análise de risco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise da perigosidade/suscetibilidade</li> <li>• Análise dos elementos expostos</li> <li>• Análise da vulnerabilidade</li> <li>• Análise da capacidade de resposta</li> </ul>
Fase 3 Geração dos cenários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção dos resultados do cenário na base de dados</li> <li>• Comparação de cenários armazenados na base de dados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção dos resultados do cenário na base de dados</li> <li>• Comparação de cenários armazenados na base de dados</li> </ul>
Fase 4 Tomada de decisão		

Figura 47 - Esquema do processo de análise

Para as três primeiras fases do processo foram definidos previamente um conjunto de requisitos devido ao facto de interferirem diretamente com o interface. Para a fase de “Definição da área de intervenção e introdução de dados (*inputs*)” os requisitos iniciais foram os seguintes:

- Identificação do cenário (Nome, localização...);
- Seleção dos temas/perigos a considerar no cenário;
- Seleção dos temas/elementos expostos a considerar no cenário;
- Delimitação sobre mapa da área de análise a considerar no cenário;
- Introdução dos *inputs* do modelo qualitativo (probabilidade e danos).

Para a fase dos “Componentes de processamento (Análise de risco qualitativa e semiquantitativa)” os requisitos iniciais foram os seguintes:

- Análise/Exploração da perigosidade/suscetibilidade em função da delimitação da área delimitada;
- Análise/Exploração dos elementos expostos em função da delimitação da área delimitada;
- Análise/Exploração da vulnerabilidade em função da delimitação da área delimitada;
- Análise/Exploração da capacidade de resposta;
- Possibilidade de introdução dos pesos das componentes dos modelos de análise de risco face aos modelos sugeridos por defeito e obtidos nesta tese.

Para a fase relativa à “Geração e análise dos resultados (*outputs*)” os requisitos iniciais foram os seguintes:

- Inserção dos resultados do cenário na base de dados;
- Comparação de cenários armazenados na base de dados.

#### 4.4.2. A exploração dos resultados

Para a exploração dos resultados obtidos a partir da análise de risco qualitativa e semiquantitativa foi estabelecido como requisito inicial a possibilidade de visualizar no ecrã os resultados entre dois cenários, para todos os cenários existentes na base de dados. Os resultados serão descritivos e cartográficos.

Adicionalmente o sistema deverá possibilitar a exportação dos cenários para um ficheiro externo e a impressão dos resultados dos cenários escolhidos pelo utilizador.

### 4.5. A COMPONENTE DOS ATORES/DECISORES – GOVERNANÇA DO RISCO

Um dos aspetos mais importantes nos sistemas de apoio à decisão mas que não que é tradicionalmente discutido na investigação sobre os SADE diz respeito ao papel dos vários atores e decisores (Sugumaran e DeGroot, 2011). De acordo com Sugumaran e DeGroot (2011), os *stakeholders* envolvidos num SADE são programadores, especialistas, analistas e decisores/utilizadores (Figura 48).

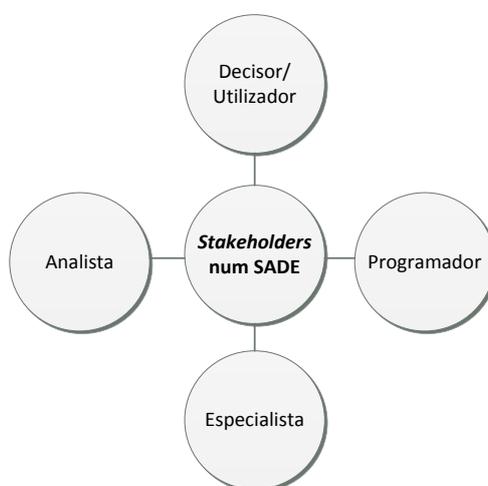


Figura 48 - Stakeholders envolvidos num SADE (Adaptado de Sugumaran e DeGroot, 2011: 176)

Neste trabalho e considerando o objetivo associado ao desenvolvimento de um SADE, importa analisar o papel do decisor/utilizador do sistema e dos interesses associados. Será portanto analisada a importância da governança do risco no contexto do desenvolvimento do SADE, os níveis de intervenção na gestão dos riscos em Portugal e definido um perfil de governança do risco para Portugal que permita identificar os diferentes atores, as suas relações e prioridades na componente de tomada de decisão sobre a transformação do uso solo integrando a análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos.

#### 4.5.1. A governança do risco no SADE

As definições do conceito de “governança” na literatura são múltiplas, sendo o conceito utilizando em vários contextos e áreas de investigação, como por exemplo a governança internacional, a governança urbana, a governança financeira, a governança tecnológica ou a governança territorial (Jessop, 1998; Plumptre e Graham, 1999; DGOTDU, 2011). Independentemente da enorme abrangência do conceito assume particular relevância neste ponto o conceito de “governança do risco”.

Tendo presente que constitui uma referência para a definição do conceito de “governança do risco”<sup>13</sup>, nesta tese, é adotada a definição proposta por Renn (2008: 9), conforme se pode observar no ponto 1.8.

A importância da governança do risco, no contexto desta tese, está associada ao facto do ordenamento do território constituir uma das componentes de minimização e estar presente em todas as fases do ciclo da catástrofe (ver ponto 3.1). Adicionalmente, existem vários aspetos da governança do risco com impactos positivos e negativos no ordenamento do território (Quadro 22) que acentuam a importância da relação dos temas.

Quadro 22 - Aspetos da governança do risco e impactos no ordenamento do território (Adaptado de Zeidler *et al.*, 2010: 36)

Aspetos da governança do risco	Impactos potencialmente positivos	Impactos potencialmente negativos
<b>Cooperação intersectorial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Partilha de conhecimento (transparência).</li><li>• Resolução partilhada de problemas.</li><li>• Melhor gestão de dependências.</li><li>• Compreensão mútua.</li><li>• Soluções inovadoras e sustentáveis.</li><li>• Ordenamento do território mais eficiente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação do conhecimento que é incorporado na governança.</li><li>• Dominância sectorial.</li></ul>
<b>Governança multinível</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Clareza na divisão e partilha de responsabilidades.</li><li>• Capacitação da governança em níveis inferiores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Falta de capacidades nos níveis inferiores de governança.</li><li>• Pouca clareza na divisão e partilha de responsabilidades (quando não existe transparência).</li></ul>
<b>Redes multiatores</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melhor aceitação das decisões.</li><li>• Implementação facilitada.</li><li>• Definição das necessidades dos diferentes atores através do entendimento mútuo.</li><li>• Distribuição de responsabilidades.</li><li>• Capacidades reforçadas para ações locais conjuntas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Morosidade na decisão e processo de implementação.</li><li>• Desvantagens para aqueles que têm poucos recursos.</li><li>• O sector privado pode beneficiar com os desastres.</li></ul>

No contexto do desenvolvimento do SADE e em particular na fase 4 do processo de análise (Figura 47), a governança do risco assume particular importância na identificação dos *stakeholders* e áreas de interesse/poder associados à tomada de decisão que envolvam o ordenamento do território com a gestão dos riscos.

<sup>13</sup> O enquadramento teórico e definição do conceito de “governança do risco” pode ser consultado no livro “Risk Governance” de Renn (2008) ou no livro branco “Risk Governance - Towards An Integrative Approach”, editado pelo International Risk Governance Council (Renn, 2005:11).

Um exemplo de aproximação da governança do risco ao ordenamento do território pode ser consultada no relatório “Risk Governance & Risk Communication” de Zeidler *et al.* (2011), inserido no projeto “CLISP - Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space”.

#### **4.5.2. Os Níveis de Intervenção na Gestão dos Riscos**

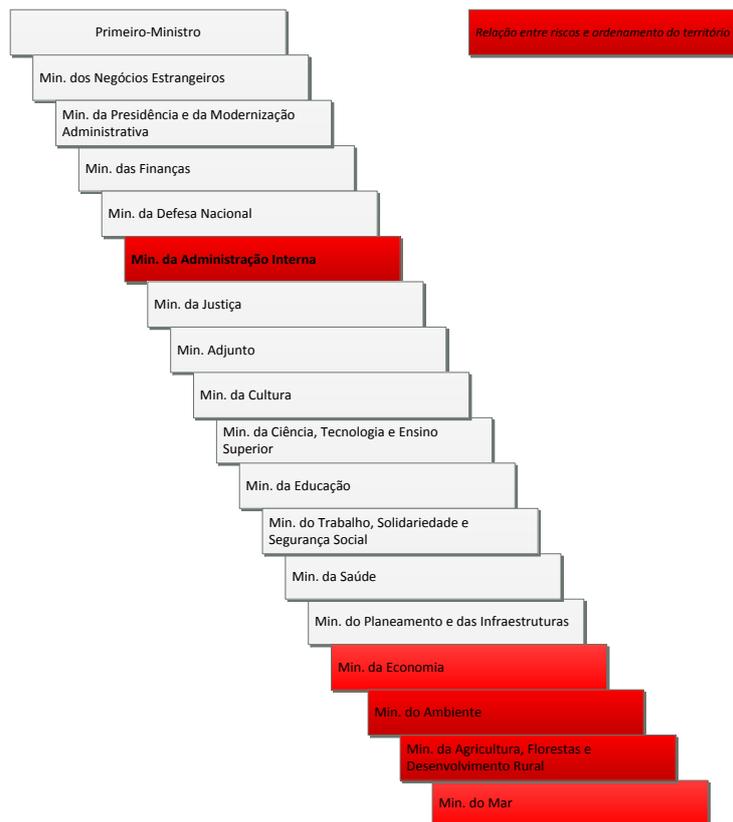
Em Portugal, o papel centralizador do Estado no que à gestão dos riscos diz respeito, apesar de assumir diferentes formas ao longo das últimas três décadas, não é recente. Por outro lado, este papel do Estado Central tem naturalmente reflexos na gestão dos riscos ao nível local, pois apesar de em Portugal os municípios gozarem de autonomia, em matéria de gestão dos riscos, estes dependem em grande medida dos recursos do Estado Central. Para se perceber a forma como o modo de organização do Estado Central em Portugal desempenha um papel fulcral na gestão de riscos, torna-se necessário analisar os agentes públicos envolvidos na gestão de riscos ao nível da administração central e administração local. Não sendo possível fazer uma lista exaustiva de todas os serviços, organismos e entidades do Estado que podem ter relação com as questões dos riscos, dar-se-á particular enfoque aqueles que de alguma forma são relevantes na cartografia de risco e o ordenamento do território.

##### **4.5.2.1. A Administração Central**

Pretende-se com este ponto analisar em que medida o sistema político do Estado Português influencia a sua abordagem às questões relacionadas com a gestão dos riscos nos diferentes escalões de decisão. Não obstante a volatilidade do exercício, face às frequentes alterações da orgânica dos departamentos governamentais e/ou serviços e estruturas, importa reforçar que o foco da análise se encontra nas competências relevantes em matéria de cartografia de risco e ordenamento do território.

Na configuração organizativa do XXI Governo Constitucional é possível verificar que os ministérios com particular relação com as questões da cartografia de risco e ordenamento do território são o da Administração Interna, do Ambiente e da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural (a vermelho) (Figura 49).

Segundo o Decreto-Lei n.º 251-A/2015, de 17 de dezembro, o Ministério da Administração Interna é o departamento governamental que tem por missão a formulação, coordenação, execução e avaliação das políticas de proteção e socorro. O Ministério do Ambiente é o departamento governamental que tem por missão as políticas de ambiente, ordenamento do território, cidades, habitação, transportes urbanos, suburbanos e rodoviários de passageiros, clima, conservação da natureza, numa perspetiva de desenvolvimento sustentável e de coesão social e territorial. O Ministério da Agricultura e do Mar é o departamento governamental que tem por missão formular, conduzir, executar e avaliar as políticas em matéria agrícola, agroalimentar, silvícola, de desenvolvimento rural, bem como planear e coordenar a aplicação dos fundos nacionais e europeus destinados à agricultura, às florestas e ao desenvolvimento rural.



Fonte: Decreto-Lei n.º 251-A/2015 de 17 de dezembro

Figura 49 – Orgânica do XXI Governo Constitucional

Apesar das diferentes estruturas organizativas dos governos é possível verificar, quais as principais estruturas governamentais envolvidas (independentemente do grau de envolvimento) com o tema da cartografia de risco e ordenamento do território.

O Ministério da Administração Interna integra na sua estrutura orgânica, enquanto serviço central de natureza operacional, a Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC). De acordo com o Decreto-Lei n.º 112/2014, de 11 de julho, a Autoridade Nacional de Proteção Civil, tem por missão planear, coordenar e executar a política de proteção civil, designadamente na prevenção e reação a acidentes graves e catástrofes, de proteção e socorro de populações e de superintendência da atividade dos bombeiros, bem como assegurar o planeamento e coordenação das necessidades nacionais na área do planeamento civil de emergência com vista a fazer face a situações de crise ou de guerra. A ANPC prossegue, com particular interesse para componente de prevenção de riscos e relação com o ordenamento do território as seguintes atribuições:

- Promover o levantamento, previsão, análise e avaliação dos riscos coletivos de origem natural ou tecnológica e o estudo, normalização e aplicação de técnicas adequadas de prevenção e socorro;
- Contribuir para a definição da política nacional de planeamento de emergência, elaborar diretrizes gerais, promover a elaboração de estudos e planos de emergência e facultar apoio técnico e emitir parecer sobre a sua elaboração por entidades sectoriais.

O Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural, integra na sua orgânica um instituto com particular relevância no domínio da prevenção de riscos. O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), tutelado em conjunto com o Ministério do Ambiente, e incorporava na missão, de acordo com o Decreto-Lei n.º 135/2012, de 29 de junho, a prevenção estrutural nas vertentes de sensibilização, planeamento, organização do território florestal, silvicultura e infraestruturização.

Nas várias atribuições do ICNF, no domínio da prevenção do risco de incêndio florestal importa salientar as seguintes:

- Promover a articulação e a integração dos objetivos de conservação e de utilização sustentável dos recursos naturais na política de ordenamento do território e nas diferentes políticas sectoriais, visando a valorização económica e social do património natural como fator estruturante de diferentes sectores da atividade económica, nomeadamente através de parcerias, com especial incidência no que se refere ao turismo da natureza, nos termos da lei;
- Promover e coordenar os planos de intervenção que visam a minimização dos impactos e a eliminação dos efeitos promovidos por agentes bióticos dos principais sistemas de produção florestal afetados.

O Ministério do Ambiente dirige ou tutela um conjunto de organismos com particular relevância no domínio do ordenamento do território, cartografia e prevenção de riscos (DGT, APA, IPMA).

A Direção Geral do Território (DGT), de acordo com o Decreto-Lei n.º 7/2012, de 17 de janeiro, tem por missão prosseguir as políticas públicas de ordenamento do território e de urbanismo, bem como a criação e manutenção das bases de dados geográficos de referência. No contexto da prevenção de riscos, importa destacar as seguintes atribuições:

- Intervir, nos termos previstos na lei, nos procedimentos de avaliação ambiental, na elaboração, acompanhamento e execução dos IGT, bem como proceder ao respetivo depósito;
- Dinamizar, acompanhar, orientar e apoiar tecnicamente as práticas de gestão territorial nos âmbitos nacional, regional e local, promovendo a concertação dos procedimentos e dos critérios técnicos aplicáveis e a divulgação de boas práticas;
- Assegurar, em colaboração com as demais entidades competentes, a articulação da política de ordenamento do território e de urbanismo com as políticas sectoriais, bem como intervir na elaboração de legislação e regulamentação sectorial e na preparação e execução de políticas, programas e projetos de desenvolvimento territorial, de âmbito nacional, sectorial ou regional.

De acordo com o Despacho n.º 15682/2012, de 10 de dezembro, dos Secretários de Estado da Administração Interna e do Ambiente e do Ordenamento do Território a DGT e a ANPC foram incumbidas de elaborar o Plano Setorial de Prevenção e Redução de Riscos (PSPRR). Pretende-se com este plano que seja um instrumento de gestão territorial onde se defina estratégia nacional integrada para prevenção e redução de riscos, em articulação com as orientações contidas no PNPOT.

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), tem por missão propor, desenvolver e acompanhar a gestão integrada e participada das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, de forma articulada com outras políticas sectoriais e em colaboração com entidades públicas e privadas que concorram para o mesmo fim, tendo em vista um elevado nível de proteção e de valorização do ambiente e a prestação de serviços de elevada qualidade aos cidadãos. No contexto da prevenção de riscos e de acordo com o Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de março, destacam-se as seguintes atribuições:

- Propor, desenvolver e acompanhar a execução das políticas de ambiente, nomeadamente no âmbito do combate às alterações climáticas, da gestão de recursos hídricos, dos resíduos, da proteção da camada do ozono e qualidade do ar, da recuperação e valorização dos solos e outros locais contaminados, da prevenção e controlo integrados da poluição, da prevenção e controlo do ruído, da prevenção de riscos industriais graves, da segurança ambiental e das populações, da rotulagem ecológica, das compras ecológicas, dos sistemas voluntários de gestão ambiental, bem como da avaliação de impacte ambiental e avaliação ambiental de planos e programas;
- Exercer as funções de Autoridade Nacional da Água, nos termos e para efeitos do disposto na Lei da Água, prosseguindo entre outras as atribuições as de assegurar a protecção, o planeamento e o ordenamento dos recursos hídrico; promover o uso eficiente da água e o ordenamento dos usos das águas; gerir situações de seca e de cheia, coordenar a adopção de medidas excepcionais em situações extremas de seca ou de cheias e dirimir os diferendos entre utilizadores relacionados com as obrigações e prioridades decorrentes da Lei da Água e diplomas complementares e promover a elaboração e a execução da estratégia de gestão integrada da zona costeira e assegurar a sua aplicação ao nível regional, assegurando a protecção e a valorização das zonas costeiras;
- Exercer as funções de Autoridade Nacional de Segurança de Barragens, nomeadamente no âmbito do controlo de segurança, bem como promover e fiscalizar o cumprimento do Regulamento de Segurança de Barragens.

A Ministra do Mar exerce a superintendência e tutela sobre o Instituto Português do Mar e da Atmosfera, em coordenação com o Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior e com o Ministro do Ambiente. O atual Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) é a autoridade nacional nos domínios da meteorologia, meteorologia aeronáutica, do clima, da sismologia e do geomagnetismo. Entre as competências que lhe estão atribuídas, salientam-se no domínio da prevenção dos riscos as seguintes:

- Assegurar a vigilância meteorológica, climática, sísmica e geofísica, e difundir regularmente informação e previsões do estado do tempo e do mar para todos os fins necessários;
- Contribuir para a avaliação e gestão dos riscos de desastres de origem natural e antropogénica nas áreas da sua competência e fornecer avisos especiais antecipados às entidades nacionais com responsabilidade em matéria de proteção civil relativos a sismos, maremotos, eventos meteorológicos extremos e alterações bruscas das condições do ambiente marinho.

O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), que integra o atual Ministério da Economia, é o laboratório do Estado que tem por missão impulsar e realizar ações de investigação, de demonstração e transferência de conhecimento, de assistência técnica e tecnológica e de apoio laboratorial dirigidas às empresas, nos domínios da energia e geologia. Importa salientar, no contexto da prevenção de riscos, as seguintes atribuições:

- Promover, realizar e gerir estudos, e projetos nos domínios da geologia, hidrogeologia, geologia costeira, bem como promover a realização de inventariação, revelação, aproveitamento, valorização, monitorização e conservação dos recursos minerais, rochas ornamentais e águas naturais;
- Elaborar e gerir toda a cartografia sistemática no âmbito dos domínios da geologia, hidrogeologia e geologia marinha costeira.

Enquanto serviços periféricos do Estado, as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), têm por missão executar as políticas de ambiente, de ordenamento do território e cidades e de desenvolvimento regional ao nível das respetivas áreas geográficas de atuação e apoiar tecnicamente as autarquias locais e as suas associações, desempenhando por essa razão um importante papel de elo de ligação do Estado Central com os Municípios. Entre as várias atribuições das CCDR e no contexto da prevenção de riscos e relação com o ordenamento do território, importa referir as seguintes:

- Executar, avaliar e fiscalizar, ao nível regional, as políticas de ambiente e de ordenamento do território;
- Garantir a elaboração, acompanhamento e avaliação dos IGT e assegurar a sua articulação com o PNPOT.

A referência a estas estruturas governamentais é uma perspectiva redutora (de uma forma abrangente todos se relacionam com a gestão de riscos e com o ordenamento do território), meramente focada na relação da gestão do risco com o ordenamento do território, não tendo por esse motivo dada relevância a outros ministérios com competências no sistema de proteção civil como é o caso do Ministério da Defesa ou do Ministério da Saúde.

#### **4.5.2.2. A Administração Local**

Associado à autonomia do poder local, proximidade com as populações, responsabilidade pelas opções de ordenamento do território e de urbanismo (ver ponto 3.2) contidas nos respetivos instrumentos de planeamento e pelo facto dos presidentes das câmaras municipais, de acordo com a Lei n.º 65/2007, de 12 de novembro, constituírem a autoridade municipal de proteção civil, torna os municípios portugueses atores decisivos na relação entre ordenamento do território e gestão de riscos. Por outro, a obrigação de elaboração do Plano Diretor Municipal, onde se define o modelo de organização municipal do território, estabelece entre outros conteúdos (Decreto-Lei n.º 310/2003, de 10 de dezembro), a identificação de condicionantes, designadamente reservas e zonas de protecção, bem como das necessárias à concretização dos planos de protecção civil de carácter permanente, torna os municípios atores centrais na produção de cartografia de risco no contexto do ordenamento do território.

#### **4.5.2.3. A relação da administração com a gestão dos riscos e com o ordenamento do território**

Como se verificou nos pontos anteriores, verifica-se uma diversidade das instituições públicas que podem ter relação com a gestão de riscos e com o ordenamento do território com incidência na cartografia de risco. Tendo presente esta diversidade, elaborou-se uma representação esquemática teórica das instituições públicas que participavam de alguma forma na gestão dos principais perigos com incidência em Portugal, designadamente cheias/inundações, incêndios florestais, ondas de calor e vagas de frio, erosão litoral, movimentos de massa em vertentes, sismos/maremotos e acidentes industriais que envolvam substâncias perigosas, e que por outro lado fazem parte de algum processo relacionado com a produção de cartografia de risco (Figura 50).

As instituições e entidades públicas que participam na gestão dos riscos, mas que não fazem parte de algum processo relacionado com a produção de cartografia de risco estão diretamente relacionadas com a componente de alerta como é o caso do IPMA e com a componente de resposta à emergência, designadamente as forças de segurança, os corpos de bombeiros, as forças armadas, a emergência médica, as administrações regionais de saúde e a segurança social. Por outro lado, as instituições e entidades públicas que não participam na gestão dos riscos, mas que pelas suas competências se cruzam com as questões associadas à produção e utilização da cartografia de risco correspondem às entidades associadas à componente de prevenção, designadamente a DGT, as CCDR, o ICNF no domínio da defesa da floresta contra incêndios e da cartografia de perigosidade e risco de incêndio florestal dos planos de defesa da floresta contra incêndios e a APA (que integra o ex-INAG e as ex-ARH) nos domínios da prevenção de cheias e inundações, erosão litoral, inundações por rutura de barragens e prevenção de riscos industriais graves.

O terceiro grupo de instituições e entidades públicas, corresponde às que de alguma forma participam na gestão dos riscos e que fazem parte de algum processo relacionado com a produção de cartografia de risco, designadamente a ANPC que coordena e executa a política de proteção civil, e que no âmbito da previsão e gestão de risco e planeamento de emergência, integra as comissões de acompanhamento dos PDM, emite parecer prévio sobre os planos municipais de emergência de proteção civil, elabora planos de emergência que contêm cartografia de risco (ex. PEEPC Risco Sísmico Área Metropolitana Lisboa Concelhos Limítrofes ou o PEEPC Risco Sísmico e de Tsunamis na Região do Algarve) e intervém no âmbito da atividade de proteção e socorro.

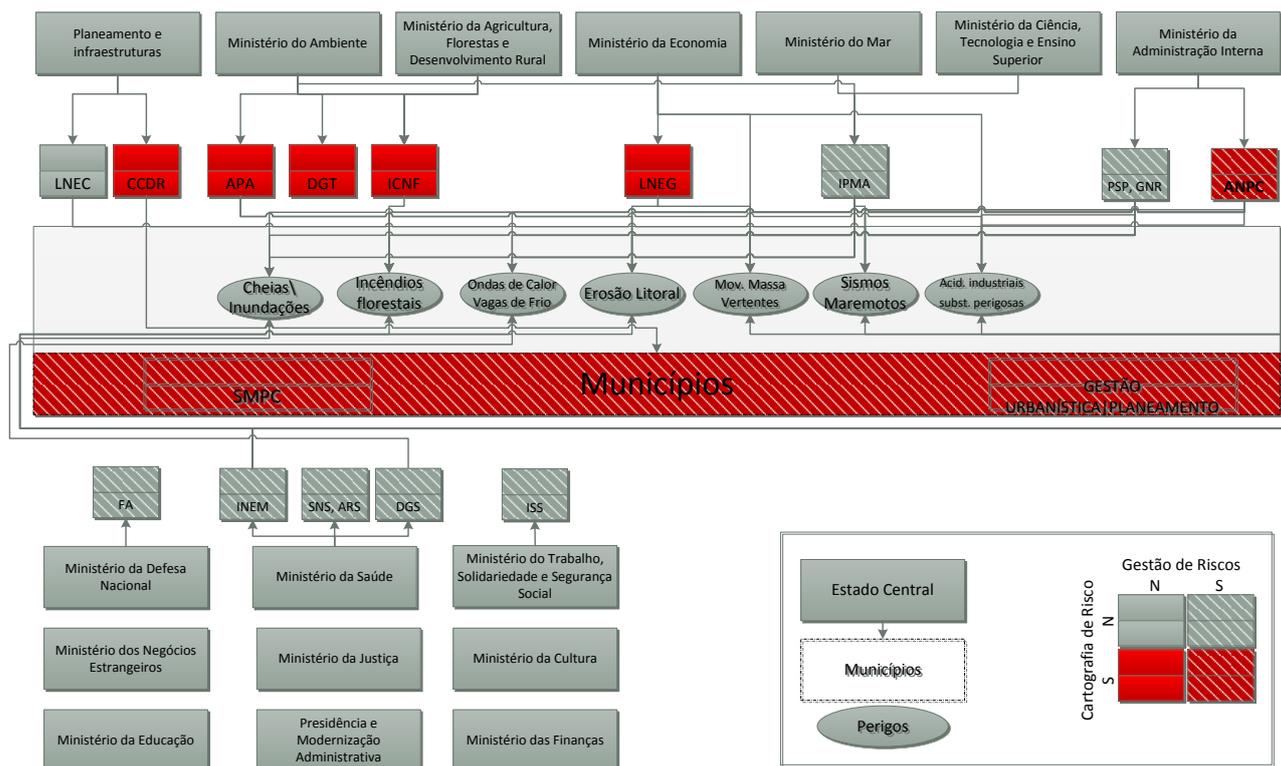


Figura 50 - Entidades públicas relacionadas com os principais perigos que afetam Portugal à data

Os municípios também participam na gestão dos riscos e fazem parte do processo relacionado com a produção de cartografia de risco, quer por via da elaboração dos planos municipais de emergência de proteção civil, quer através dos processos de elaboração/revisão dos planos diretores municipais. Relativamente aos atores que intervêm ao nível municipal, na integração da cartografia de risco no modelo de organização espacial do município e nas suas opções de uso do solo, pode-se separar a esfera política (presidente de câmara, vereação e assembleia municipal) da esfera técnica em que no domínio da proteção civil recai a responsabilidade sobre o respetivo serviço municipal de proteção civil e no domínio do planeamento sobre o serviço de planeamento e/ou gestão urbanística (a nomenclatura pode variar em função orgânica dos serviços de cada município).

#### 4.5.2.4. A União Europeia<sup>14</sup>

##### a. O enquadramento atual da gestão do risco na UE

Quando se identificam os atores envolvidos na gestão dos riscos naturais e nas questões associadas à prevenção e minimização dos riscos ao nível supranacional em Estados-Membros da UE é obrigatório perceber-se o papel institucional da UE. Vários autores (Peltier, 2005; Garrido, 2006) têm-se debruçado sobre esta matéria, concluindo que o papel da UE enquanto ator na gestão dos riscos naturais tem constituído um eixo negligenciado das políticas europeias, apesar de nos últimos anos, a ocorrência de várias catástrofes, que causaram

<sup>14</sup> Tendo em consideração o foco regional, não foram incluídos nesta análise protocolos ou convenções internacionais em que Portugal é signatário.

perdas avultadas em muitos países da UE estar a atrair o interesse continuado das instituições europeias.

De acordo com Peltier (2005), a UE está envolvida em diversos níveis de gestão de risco, mas sua ação é ainda muito modesta dado os interesses em jogo, continuando a ser principalmente uma área de jurisdição dos Estados. Para Garrido (2006) este tipo de envolvimento deve-se a uma falta de legislação comunitária sobre riscos naturais, o que implica a ausência de ação direta das instituições da UE sobre as políticas nacionais dos Estados-Membros.

Em termos gerais, as políticas da UE em vigor, os instrumentos legislativos, bem como instrumentos de financiamento existentes, associados à prevenção e redução de riscos caracterizam-se por um elevado grau de desenvolvimento disperso e *ad hoc*, sem um quadro global e coerente no que se refere à prevenção de riscos (COWI, 2008). Para se perceber o enquadramento atual da UE no que se refere às políticas da gestão do risco, apresentam-se no ponto seguinte as políticas em vigor, a legislação da UE e o acesso a fundos europeus pelos Estados-Membros.

#### b. Suporte legal para a gestão do risco na UE

Qualquer abordagem relacionada direta ou indiretamente com a evolução legislativa relacionada com a componente de gestão de riscos naturais e tecnológicos na UE, encontra-se enquadrada pelo Tratado de Lisboa<sup>15</sup> que altera o Tratado da UE e o Tratado que institui a Comunidade Europeia, assinado em Lisboa em 13 de Dezembro de 2007. Os artigos 2.º-C e 2.º-E do Tratado de Lisboa, enquadram as competências da UE no domínio ambiental e no domínio da proteção civil, constituindo o artigo 176º-C uma novidade, face ao tratado anterior. Outro ponto de contacto que suporta possíveis ações no domínio da proteção civil é o artigo 188º-R referente à cláusula de solidariedade. O domínio das políticas ambientais continua a ser uma competência partilhada entre a UE e os Estado-Membros, destacando-se em termos de importância neste domínio através do artigo 191.º o tema do combate às alterações climáticas.

#### c. Políticas e instrumentos para a gestão do risco na UE

O Quadro 23 resume de forma não exaustiva as políticas e instrumentos da UE associados à prevenção e redução de riscos. Seguindo as categorias propostas no estudo desenvolvido pela COWI (2008), podem observar-se os instrumentos específicos sectoriais (como a Diretiva Seveso II ou a Diretiva relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações), as abordagens temáticas nas mais variadas áreas, as abordagens abrangentes como a que se debruça sobre as alterações climáticas, os instrumentos financeiros que suportam ações relacionadas com a prevenção e outros instrumentos como é o caso do mecanismo comunitário no domínio da proteção civil ou da componente de investigação e desenvolvimento.

---

<sup>15</sup> Jornal Oficial da União Europeia, C 306, 50.º ano, 17 de Dezembro de 2007, ISSN 1725-2482.

Quadro 23 - Políticas e instrumentos da UE associados à prevenção e redução de riscos

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Suporte</b>
<b>INSTRUMENTOS ESPECÍFICOS SETORIAIS</b>	AMBIENTE	Diretiva 85/337/CEE do Conselho, de 27 de junho de 1985, relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente. Diretiva 2001/42/CE Relativa à Avaliação dos Efeitos de Determinados Planos e Programas no Ambiente. Diretiva 2004/35/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 21 de abril de 2004 relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais.
	INUNDAÇÕES	Diretiva 2007/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de outubro de 2007 relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações.
	SUBSTANCIAS PERIGOSAS	Diretiva 96/82/CE do Conselho de 9 de dezembro de 1996 relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas. Diretiva 2011/70/EURATOM DO CONSELHO de 19 de julho de 2011 que estabelece um quadro comunitário para a gestão responsável e segura do combustível irradiado e dos resíduos radioactivos. Diretiva 2004/110/CE da Comissão, de 9 de dezembro de 2004, que adapta, pela sexta vez, ao progresso técnico a Directiva 96/49/CE do Conselho relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes ao transporte ferroviário de mercadorias perigosas.
<b>ABORDAGENS TEMÁTICAS</b>	ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO	Programa ESPON – Decisão da Comissão (Decisão C(2007) 5313)
	SOLO	Proposta de DIRETIVA DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO que estabelece um quadro para a proteção do solo e altera a Diretiva 2004/35/CE. COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO CONSELHO E AO PARLAMENTO EUROPEU – COM (2005)504: Estratégia temática para a proteção e conservação do meio marinho.
	FLORESTAS	REGULAMENTO (CE) N.º 2152/2003 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 17 de novembro de 2003 relativo ao acompanhamento das florestas e das interações ambientais na Comunidade (Forest Focus). COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO CONSELHO E AO PARLAMENTO EUROPEU – COM (2006) 302: sobre um plano de acção da União Europeia para as florestas. COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO CONSELHO – COM (2008) 130: Reforçar a capacidade de resposta da União às catástrofes. Proposta de DIRECTIVA DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO – COM (2007) 51: Relativa à protecção do ambiente através do direito penal.
	INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO CONSELHO E AO PARLAMENTO EUROPEU (COM (2005) 565) - Vigilância Global do Ambiente e da Segurança (GMES): do conceito à realidade. Diretiva 2007/2/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 14 de março de 2007 que estabelece uma infra-estrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (Inspire). REGULAMENTO (UE) N.º 377/2014 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 3 de abril de 2014 que cria o programa Copernicus e revoga o Regulamento (UE) n.º 911/2010.
<b>ABORDAGENS ABRANGENTES</b>	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	LIVRO VERDE DA COMISSÃO AO CONSELHO, AO PARLAMENTO EUROPEU, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES – COM (2007) 354: Adaptação às alterações climáticas na Europa – possibilidades de acção da União Europeia.
	INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS	Proposta de DIRETIVA DO CONSELHO – COM (2006) 787: relativa à identificação e designação das infra-estruturas críticas europeias e à avaliação da necessidade de melhorar a sua protecção.

<b>FUNDOS ESTRUTURAIIS E POLÍTICA DE COESÃO</b>	FEDER	REGULAMENTO (CE) N.O 1080/2006 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 5 de julho de 2006 relativo ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1783/1999. DECISÃO DO CONSELHO de 11/9/2007 (C (2007) 4222): adotam o programa operacional "Programa de Cooperação Inter-regional INTERREG IVC" com base no Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional sob o objetivo de cooperação territorial Europeia em todos os Estados Membros, com a participação da Noruega e Suíça.
	FSE	Regulamento (CE) n.º 1081/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Julho de 2006, relativo ao Fundo Social Europeu e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1784/1999.
	FEADER	REGULAMENTO (CE) N.º 1698/2005 DO CONSELHO, de 20 de setembro de 2005, relativo ao apoio ao desenvolvimento rural pelo Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER).
	FC	REGULAMENTO (CE) N.º 1084/2006 DO CONSELHO de 11 de Julho de 2006 que institui o Fundo de Coesão e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1164/94.
<b>OUTROS INSTRUMENTOS</b>	LIFE+	REGULAMENTO (CE) N.º 614/2007 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de Maio de 2007 relativo ao instrumento financeiro para o ambiente (LIFE+).
	PROTEÇÃO CIVIL	DECISÃO DO CONSELHO de 5 de março de 2007 que institui um Instrumento Financeiro para a Protecção Civil (2007/162/CE, Euratom). DECISÃO DO CONSELHO de 8 de novembro de 2007 que estabelece um Mecanismo Comunitário no domínio da Protecção Civil (reformulação).
	SAÚDE	Decisão nº 2119/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 24 de Setembro de 1998 que institui uma rede de vigilância epidemiológica e de controlo das doenças transmissíveis na Comunidade.
	INVESTIGAÇÃO&DESENVOLVIMENTO	Decisão n.º 1982/2006/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro de 2006, relativa ao Sétimo Programa-Quadro da Comunidade Europeia de actividades em matéria de investigação, desenvolvimento tecnológico e demonstração (2007 a 2013). COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES Horizonte 2020 - Programa-Quadro de Investigação e Inovação (COM/2011/0808 final).

Reconhecendo a importância estratégica da observação da Terra, a UE desenvolveu o programa GMES - Vigilância Global do Ambiente e da Segurança com o objetivo de desenvolver a sua capacidade operacional. O desenvolvimento da iniciativa GMES, resultou no programa Copernicus, onde no domínio do apoio à catástrofe o *GIO Emergency Management Service* (GIO EMS<sup>16</sup>) constitui o seu primeiro serviço. Ainda neste domínio, importa destacar a DIRECTIVA 2007/2/CE que estabelece uma infraestrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (Inspire) e onde as zonas de risco natural também constituem uma das categorias temáticas de dados geográficos elencadas na diretiva.

Através do Centro Comum de Investigação (JRC) é possível de aceder a diferentes sistemas de informações sobre diferentes perigos. Importa salientar o Sistema de Informação sobre Incêndios Florestais na Europa (EFFIS), pelo seu apoio às entidades dos Estados-Membros responsáveis pela proteção das florestas contra os incêndios e fornecimento de informação atualizada sobre os incêndios florestais à Comissão Europeia (CE) e ao Parlamento Europeu, o portal dedicado às cheias ou o observatório europeu para as secas.

<sup>16</sup> <http://emergency.copernicus.eu>

No domínio da investigação e desenvolvimento, através dos programas-quadro de investigação da UE, a Europa tem prestado um apoio substancial às atividades relacionadas com a prevenção de desastres, tanto naturais como tecnológicos, materializando-se em vários projetos.

d. Atores envolvidos na gestão do risco na UE

No conjunto de instituições que compõem a UE, importa destacar pelo seu envolvimento no processo legislativo associado à prevenção e redução de riscos:

- o Parlamento Europeu, diretamente eleito, que representa os cidadãos da UE;
- o Conselho da Europa, que representa os governos nacionais e cuja presidência é assumida rotativamente pelos Estados-Membros;
- a Comissão Europeia, que zela pela defesa dos interesses da UE no seu todo e pela correta transposição da legislação da UE para as ordens jurídicas nacionais.

Em termos de organizativos, a Comissão Europeia encontra-se dividida em direções e serviços<sup>17</sup>. As direções são conhecidas por Direcções-Gerais (DG) e responsáveis pela implementação das diferentes políticas (Figura 51). Pela abrangência de políticas que tem a seu cargo e na sua grande maioria associadas à prevenção e redução de riscos, como é o exemplo dos acidentes industriais, gestão integrada da zona costeira, avaliações ambientais, solo, desenvolvimento sustentável, diretiva quadro da água, diretiva relativa às inundações ou escassez de água e secas, a Direção Geral do Ambiente é um dos principais intervenientes dentro da Comissão Europeia nesta matéria.

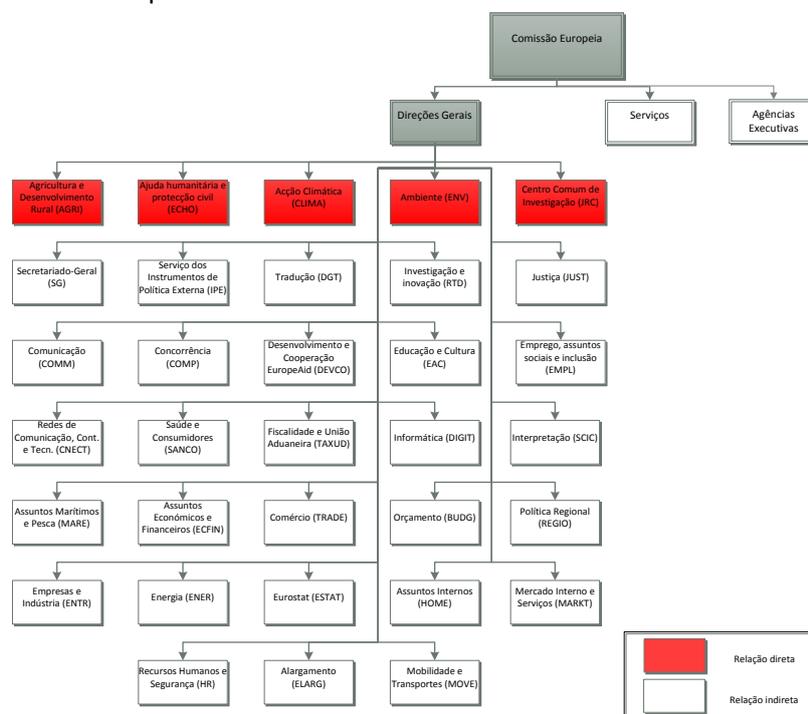


Figura 51 - Direcções Gerais da CE associadas à gestão do risco (Adaptado de [http://ec.europa.eu/about/ds\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/about/ds_pt.htm))

Através do Instituto de Ambiente e Sustentabilidade o JRC, desenvolve um conjunto de ferramentas tecnológicas diretamente relacionadas com a componente de prevenção e

<sup>17</sup> URL: [http://ec.europa.eu/about/ds\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/about/ds_pt.htm), consultado em 11.12.2015

minimização de riscos e por esse motivo é um ator neste domínio. Pelo seu envolvimento direto com as questões relacionadas com a proteção civil, a Direção Geral para a Ajuda Humanitária e Proteção Civil (ECHO) constitui também um interveniente importante. De uma forma menos direta, mas pela sua importância na componente de prevenção as Direções Gerais da Agricultura e Desenvolvimento Rural (AGRI) e Ação Climática (CLIMA) merecem também uma referência.

#### 4.5.3. O Perfil de Governança dos Riscos com Intervenção Direta no Ordenamento do Território à Escala Municipal

Em Portugal, a base da organização do socorro às populações continua assente nas Associações/Corpos de Bombeiros ditos voluntários (Amaro, 2009), apesar de Walker *et al.* (2010) identificarem uma mudança, no sentido de uma maior diversidade de atores envolvidos, no desenvolvimento de novas funções, de formas mais fortes de colaboração e de trabalho em parceria. Na gestão dos riscos, as relações entre os diferentes níveis do Estado, assumem um papel cada vez mais importante, tendo em consideração as abordagens de cooperação entre os atores nacionais, regionais e locais.

Reconhecendo-se em ponto anterior deste capítulo, para o caso português, o peso e influência atual do Estado na gestão dos riscos, e a diversidade de atores e interesses envolvidos no ordenamento do território, colocam-se as questões relativamente à forma como é que a responsabilidade na gestão dos riscos é distribuída entre atores governamentais nos seus diferentes níveis (local, regional, nacional) e quais os atores e interesses envolvidos para além do Estado? As respostas a estas perguntas são fulcrais na presente investigação, uma vez que permitem no processo de desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial, identificar os diferentes atores, as suas relações e prioridades (*driving forces*) na componente de tomada de decisão sobre a transformação do uso solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos (Figura 52).

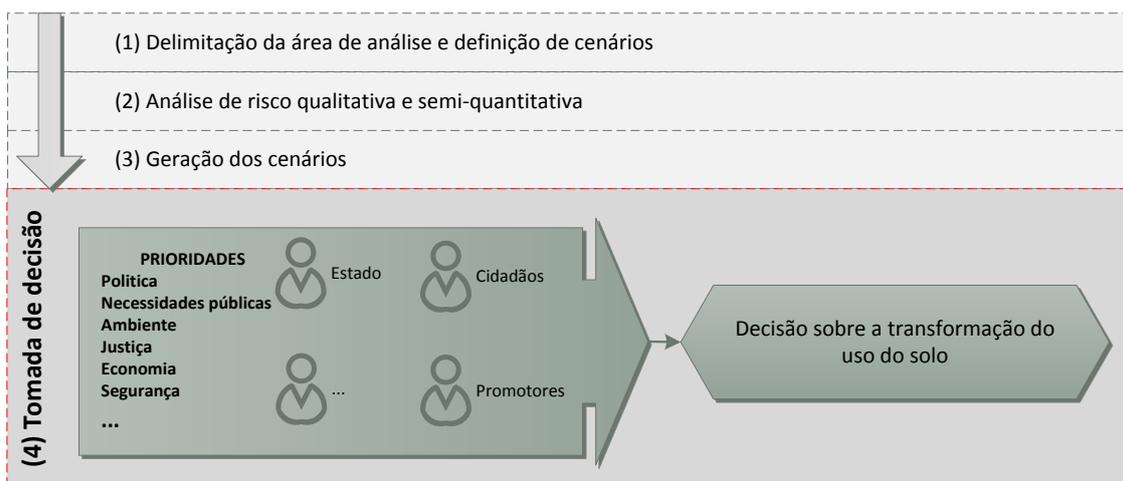


Figura 52 - Contextualização do perfil de governança do risco no desenvolvimento do SADE

Com base numa adaptação do modelo proposto por Walker *et al.* (2013), pretende-se definir um perfil de governança do risco para Portugal para os perigos/riscos com intervenção direta no ordenamento do território, considerando as várias perspetivas envolvidas. Este modelo, assenta em várias características-chave identificadas tanto na literatura sobre governança bem

como em trabalhos específicos sobre a governança do risco e que permite de uma forma simples, determinar a variabilidade e o dinamismo da prática de governança do risco.

#### **4.5.3.1. Abordagem metodológica**

Partindo do modelo de caracterização da governança do risco proposto por Walker *et al.* (2013), adaptou-se um modelo assente nas mesmas oito características chave, designadamente a caracterização da governança multinível, a individualização do risco, a transferência do risco, a extensão e cultura da participação das partes interessadas, o grau de comunicação com o público sobre os riscos e o grau de equilíbrio entre as tarefas de governança e da disponibilidade de recursos.

O inquérito (ANEXO II-A) foi desenvolvido na plataforma de questionários online [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com), tendo-se procedido ao envio para o público-alvo por *e-mail*, entre os dias 19 de janeiro e 19 de abril de 2014, encontrando-se o mesmo disponível no endereço <https://pt.surveymonkey.com/s/CYYTZ9V>. A preparação do envio do inquérito foi efetuada através da elaboração de uma lista de contactos (ANEXO II-B), da disseminação através da Associação Nacional de Municípios Portugueses e solicitação de propagação do inquérito no corpo do *email*.

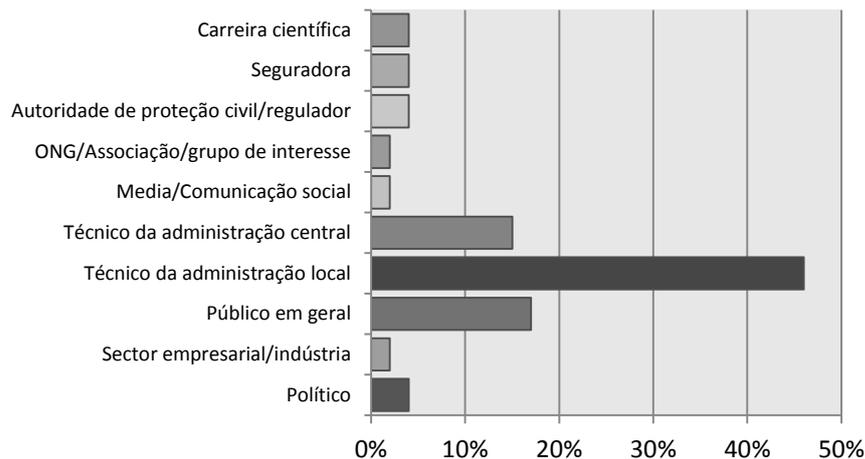
Ao contrário do modelo preconizado por Walker *et al.* (2013), onde se opta por um perfil de governança do risco qualitativo e não mensurável, a adaptação do inquérito considerou nas questões colocadas uma escala de avaliação entre um e quatro.

#### **4.5.3.2. Reconhecimento dos atores**

A identificação dos diferentes atores<sup>18</sup> envolvidos na gestão de riscos baseou-se nas informações obtidas a partir da revisão da literatura, análise da legislação e discussão com alguns dos atores. O envio dos *e-mails* com a apresentação do projeto objetivo do inquérito e solicitação de redistribuição resultou em 156 inquéritos válidos, tendo-se obtido um número significativo de respostas por parte da administração central e local (59%) e do público em geral (17%) (Figura 53).

---

<sup>18</sup> Com o objetivo das respostas ao inquérito serem efetuadas num tempo inferior a quatro minutos, optou-se por retirar do inquérito as questões relacionadas com a caracterização do inquirido, com exceção da entidade e do tipo de ator, por constituírem variáveis ativas na definição do perfil de governança do risco.



Fonte Questionário

Figura 53 - Distribuição relativa das respostas por tipo de ator

Apesar do interesse e envolvimento dos diferentes atores na gestão dos riscos assumir alguma volatilidade e diferentes configurações, procurou-se através de uma questão presente na identificação do participante, sistematizar o interesse associado ao ordenamento do território e/ou gestão do risco, possibilitando desta forma, uma primeira aproximação aos diferentes tipos de envolvimento. O Quadro 24, adaptada de Westen *et al.* (2011), resulta da análise das respostas ao questionário dos diferentes atores ao interesse manifestado na gestão do risco.

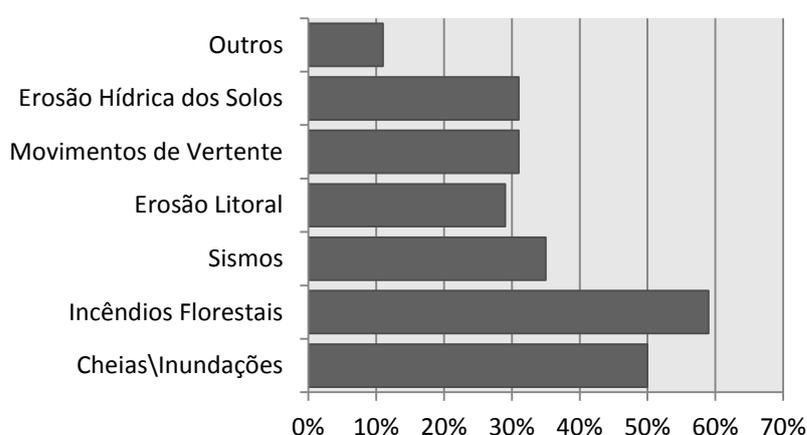
Quadro 24 - Interesses manifestados pelos diferentes atores na gestão do risco

Atores	Interesse manifestado
Autoridade de proteção civil/regulador	Assegurar as medidas adequadas para a resposta a catástrofes.
Carreira científica	Desenvolver estudos científicos sobre perigos e divulgar esses estudos junto da comunidade e administração.
Media/Comunicação social	Divulgar informação sobre catástrofes e os seus impactos.
Técnico da administração central	Assegurar o cumprimento da lei.
Técnico da administração local	Decidir sobre o desenvolvimento do território garantido o cumprimento da legislação.
ONG/Associação/grupo de interesse	Promover o desenvolvimento ambiental e sustentável.
Público em geral	Viver no local pretendido sem restrições.
Político	Não causar polémicas ou discussões, manter a popularidade e ser reeleito.
Sector empresarial/indústria	Garantir o desenvolvimento da atividade sem restrições.
Seguradora	Vender apólices de seguro associadas ao valor real do risco que garantam a obtenção de lucros.

Fonte: Questionário

#### 4.5.3.3. Os perigos/riscos com intervenção direta no ordenamento do território à escala municipal

Os exemplos de perfis de governança do risco apresentados por Walker *et al.* (2013) incidem sobre um perigo natural particular (cheias) ou uma série de perigos naturais (vulcanismo e sismos e deslizamentos e sismos). O perfil de governança do risco que se pretende obter, refere-se a um conjunto de perigos que se caracterizam pela sua intervenção direta no ordenamento do território. O perigo ou perigos identificados pelos atores na sua avaliação, permitem perceber, mesmo que influenciados pelos interesses e envolvimento, qual a relevância dos diferentes perigos em Portugal para o ordenamento do território (Figura 54). Os perigos de cheias/inundações e incêndios florestais, foram aqueles que assumiram maior relevância, no momento da definição dos perfis de governança do risco, enquanto a erosão litoral tiveram menos destacados.



Fonte: Questionário

Figura 54 – Perigos identificados no questionário

Refira-se ainda o subconjunto dos outros perigos, onde foram incluídos os perigos como o tsunami, galgamentos costeiros ou o perigo tecnológico associado a acidentes graves que envolvam substâncias perigosas.

#### 4.5.3.4. O Perfil de Governança do Risco em Portugal

##### Governança multinível

O conjunto das três primeiras perguntas do questionário, procuram avaliar como é que a responsabilidade na gestão dos riscos é distribuída entre atores governamentais nos seus diferentes níveis (local, regional, nacional). A primeira pergunta, referente ao “enquadramento político e legislativo claro, bem especificado e compreensível ao nível nacional para as questões relacionadas com os riscos”, apresenta uma avaliação média de 1,95, podendo-se qualificar como um enquadramento político fraco.

1	2	3	4	Avaliação média
Fraco enquadramento político			Forte enquadramento político	
27,71%	49,40%	22,89%	0,00%	1,95
23	41	19	0	

Fonte: Questionário

A segunda pergunta, procurou avaliar o “papel das instituições regionais na implementação das políticas nacionais”, apresentando uma avaliação média de 3.0. Apesar de em Portugal Continental não existir um nível administrativo regional, esta avaliação traduz a proximidade e funções na gestão do risco e ordenamento do território por parte dos serviços desconcentrados do Estado, como por exemplo, os departamentos de conservação da natureza e florestas, as ex-administrações das regiões hidrográficas, os comandos distritais de operações de socorro ou mesmo as comissões de coordenação e desenvolvimento regional.

1 Papel fraco das instituições regionais	2	3	4 Papel forte das instituições regionais	Avaliação média
4,82%	21,69%	42,17%	31,33%	3,00
4	18	35	26	

Fonte: Questionário

Relativamente ao papel dos municípios, a avaliação média de 3.12, denota o papel fulcral do nível municipal na implementação das políticas nacionais bem como no desenvolvimento próprio de estratégias de resposta e prevenção em caso de desastres graves ou catástrofes. Os municípios, em Portugal, acumulam fortes responsabilidades na componente de resposta a emergências, uma vez que são responsáveis pela proteção civil no seu território e na componente de prevenção, com particular destaque na área do ordenamento do território.

1 Papel fraco das instituições municipais/locais	2	3	4 Papel forte das instituições municipais/locais	Avaliação média
7,23%	16,87%	32,53%	43,37%	3,12
6	14	27	36	

Fonte: Questionário

### Individualização do risco

A questão relativa à individualização do risco, procura avaliar em que medida é que é expectável que as pessoas expostas a perigos possam reduzir a sua vulnerabilidade. A avaliação média de 2.94 traduz a expectativa de envolvimento das pessoas e/ou empresas na sua autoproteção. No entanto, os resultados apresentam uma elevada variabilidade em torno da média, o que pode revelar o papel primário do Estado Central e de outras entidades envolvidas nas atividades relacionadas com o socorro e com a minimização do risco.

1 Não é expectável que as pessoas/empresas em situação de risco tenham qualquer ação significativa para se proteger de perigos.	2	3	4 É expectável que as pessoas/empresas em situação de risco possam agir e comprometer recursos para se proteger de perigos.	Avaliação média
8,43%	26,51%	27,71%	37,35%	2,94
7	22	23	31	

Fonte: Questionário

Não obstante a avaliação relativa à individualização do risco, em Portugal existem várias campanhas de incentivo à redução da vulnerabilidade da população, com particular destaque na área dos incêndios florestais.

### Transferência do risco

A avaliação da transferência do risco para as seguradoras, caracteriza-se por uma baixa ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes. Apesar da elevada percentagem de respostas (37%) que correspondem a esta avaliação é possível de verificar um conjunto de respostas no sentido oposto obtidas junto das seguradoras que participaram no inquérito. As respostas das seguradoras justificam a elevada ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes a sua preocupação com o risco sísmico, facto que se reflete na segmentação geográfica do valor das apólices de seguro no território nacional.

1	2	3	4	Avaliação média
Baixa ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes			Elevada ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes	
37,35%	30,12%	27,71%	4,82%	2,00
31	25	23	4	

Fonte: Questionário

### Cultura de participação *multistakeholder*

A avaliação da cultura de participação/envolvimento dos vários atores (*stakeholders*) e organizações em parcerias de trabalho colaborativo e na inclusão dos seus contributos nos processos de decisão no domínio das questões relacionadas com os perigos/riscos apresenta uma elevada percentagem (50%) de respostas que definem esta cultura de participação como sendo baixa, o que revela que o processo de tomada de decisão é relativamente fechado.

1	2	3	4	Avaliação média
Baixa cultura de participação <i>multistakeholder</i>			Elevada cultura de participação <i>multistakeholder</i>	
32,53%	50,60%	13,25%	3,61%	1,88
27	42	11	3	

Fonte: Questionário

### Comunicação com o público

A avaliação da comunicação das entidades públicas com a população, relativamente às questões relacionadas com os perigos/riscos, apresenta uma avaliação de média de 2.04, denotando uma comunicação pública com uma frequência média e significativa com o público.

1	2	3	4	Avaliação média
Comunicação pública pouco frequente e limitada dos perigos/riscos			Comunicação pública muito frequente e efetiva dos perigos/riscos	
28,92%	39,76%	30,12%	1,20%	2,04
24	33	25	1	

Fonte: Questionário

### Disponibilidade de recursos

A avaliação da existência dos recursos nas entidades/agentes responsáveis pela gestão dos riscos face ao desempenho associado, apresenta uma elevada percentagem de respostas (59%) que traduzem um desequilíbrio entre o financiamento das entidades e eficácia no desenvolvimento das suas competências.

1	2	3	4	Avaliação média
As entidades/agentes envolvidas na gestão do risco são subfinanciadas			As entidades/agentes envolvidas na gestão do risco dispõem dos	

e realizam o seu papel de forma pouco eficaz		recursos suficientes e realizam o seu papel de forma eficaz		
20,48%	59,04%	20,48%	0,00%	2,00
17	49	17	0	

Fonte: Questionário

#### 4.5.3.5. Conclusões

O perfil de governança do risco nacional, para os perigos com intervenção direta no ordenamento do território, traçado a partir do inquérito encontra-se sintetizado na Figura 55. O resultado deste perfil caracteriza-se por uma tendência (*bias*), associada ao facto da amostra ter sido obtida a partir da redistribuição/propagação do inquérito. Conforme se verificou no ponto 4.5.3.2, a amostra teve um elevado número de respostas por parte da administração local. Este elevado número de respostas deve-se ao facto de ter sido solicitada a colaboração da Associação Nacional de Municípios Portugueses e o questionário ter sido redistribuído por todos os associados, devendo por esse motivo a leitura dos resultados considerar esta tendência.

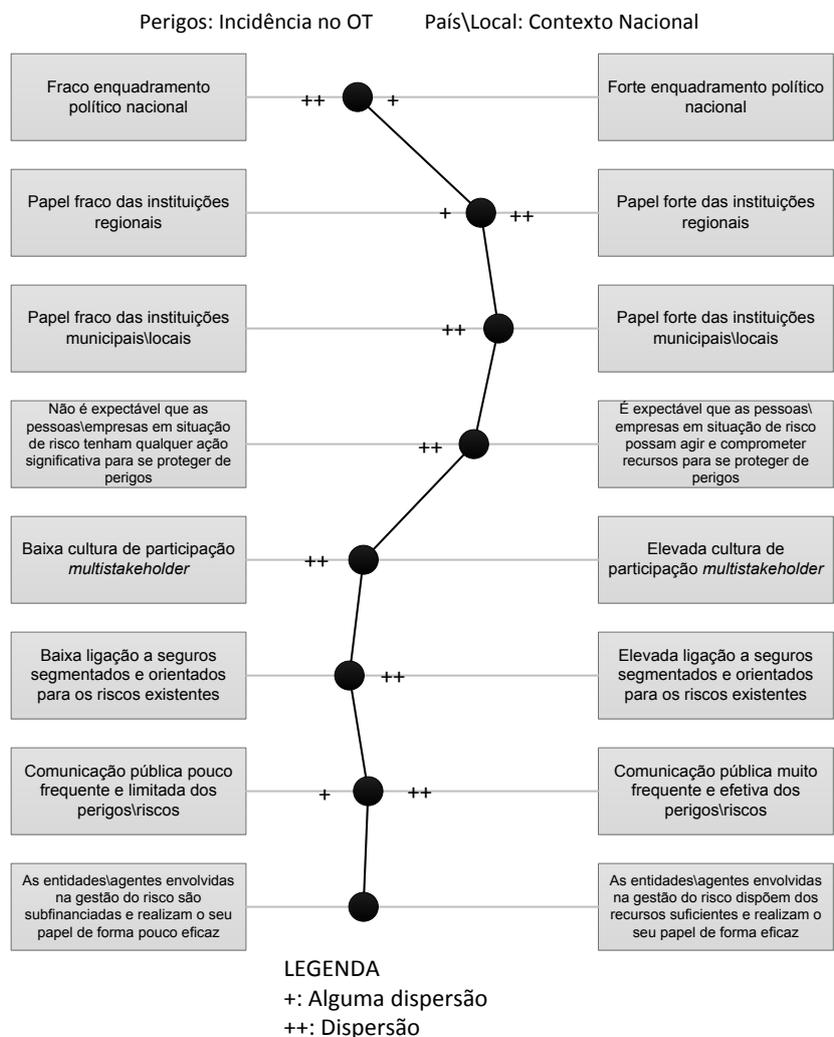


Figura 55 - Perfil nacional de governança do risco

Nesta representação esquemática da governança do risco, é possível observar a fraca avaliação do enquadramento político e legislativo ao nível nacional para as questões relacionadas com os riscos o que se explica pela dispersão legislativa existente neste domínio e que se traduz na segmentação temática na gestão do risco, conforme verificado no ponto 3 deste capítulo. Apesar desta avaliação e da inexistência de um nível regional administrativo formal (com exceção das Regiões Autónomas da Madeira e Açores), o carácter centralizador do Estado Central é confirmado através da avaliação das entidades regionais na implementação das políticas nacionais, pois através dos serviços desconcentrados, implementam a abordagem de governança do Estado aos perigos identificados com intervenção direta no ordenamento do território e segmentam desta forma territorialmente as políticas públicas do Estado.

De uma forma genérica, a componente preventiva da gestão do risco é uma responsabilidade municipal, enquanto as funções afetas à componente de resposta estão afetas ao Estado Central (ex. emergência médica, segurança, proteção civil), encontrando-se as questões relacionadas com o ordenamento do território sob supervisão e controlo estatal. As principais funções do **Estado Central**, relativamente à gestão do risco, podem descrever-se de forma resumida (o detalhe destas funções pode ser encontrado no ponto 3 deste capítulo) como o fornecimento de informação científica sobre os perigos (ex. LNEC, LNEG), monitorização da segurança dos principais equipamentos e infraestruturas nacionais (ex. REFER, IP, LNEC), emitir avisos e alertas (ex. IPMA, ANPC), providenciar o socorro quando a capacidade de resposta ultrapassa o escalão municipal (ex. ANPC), elaboração de planos de emergência e de ordenamento do território (ex. CCDR, DGT, ANPC) e financiamento dos municípios e entidades locais através do orçamento do estado e fundos europeus.

O nível **municipal** caracteriza-se pela sua importância relativamente à componente preventiva do risco, com especial destaque para o ordenamento do território e todas as tarefas de elaboração e gestão dos planos municipais de ordenamento do território. Em matéria de proteção civil, compete ao Presidente da Câmara as funções de responsável municipal da política de proteção civil, desencadear, na iminência ou ocorrência de acidente grave ou catástrofe, as ações de proteção civil de prevenção, socorro, assistência e reabilitação bem como promover a elaboração do plano municipal de emergência de proteção civil onde se definem as orientações relativamente ao modo de atuação dos vários organismos, serviços e estruturas envolvidas em operações de proteção civil.

No que diz respeito à individualização do risco, o perfil de governança do risco evidencia a expectativa de envolvimento das pessoas e empresas no sentido da ação e compromisso de recursos na sua proteção. Esta expectativa é acompanhada pela Lei de Bases da Proteção Civil (Lei n.º 27/2006 de 3 de julho, alterada pela Lei Orgânica n.º 1/2011, de 30 de novembro e pela Lei n.º 80/2015, de 3 de agosto, que republica o diploma), onde se encontra definido, no ponto 1, do artigo 6.º, como deveres gerais especiais que “os cidadãos e demais entidades privadas têm o dever de colaborar na prossecução dos fins da proteção civil, observando as disposições preventivas das leis e regulamentos, acatando ordens, instruções e conselhos dos órgãos e agentes responsáveis pela segurança interna e pela proteção civil e satisfazendo prontamente as solicitações que justificadamente lhes sejam feitas pelas entidades competentes”. Por outro lado, através do artigo 11.º, referente à obrigação de colaboração,

sempre que declara uma situação de alerta, contingência ou calamidade, todos os cidadãos e demais entidades privadas estão obrigados, na área abrangida, a prestar às autoridades de proteção civil a colaboração pessoal que lhes for requerida, respeitando as ordens e orientações que lhes forem dirigidas e correspondendo às respetivas solicitações.

Para além do disposto na Lei de Base de Proteção Civil, importa salientar que todos os planos de emergência estão sujeitos a uma consulta pública, onde podem ser integradas as observações pertinentes apresentadas, apesar da participação e dos contributos dos cidadãos ser ainda genericamente reduzido. A participação *multistakeholder* e envolvimento participativo dos atores envolvidos na gestão do risco, constitui um dos aspetos do perfil traçado que reúne maior consenso pela baixa participação e envolvimento dos diferentes atores. Quanto à transferência do risco, a avaliação obtida no perfil de governança do risco também é clara quanto à baixa ligação dos seguros com o zonamento dos perigos, apesar de esta avaliação não ser corroborada pelas seguradoras, em particular no perigo sísmico. A comunicação das entidades públicas com a população relativamente às questões relacionadas com os perigos/riscos caracteriza-se por ser pouco frequente e limitada. A última característica-chave do perfil de governança, diz respeito à existência de recursos nas entidades/agentes responsáveis pela gestão dos riscos e desempenho associado, caracterizando-se pelo subfinanciamento das entidades e conseqüente desempenho pouco eficaz.

A importância do perfil de governança do risco traçado para Portugal, advém da possibilidade de identificação, avaliação, gestão e comunicação do risco. Permitiu no processo de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial, identificar os diferentes atores, as suas relações e prioridades na componente de tomada de decisão sobre a transformação do uso solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos.

Neste caso, permitiu evidenciar o elevado interesse da administração local e central enquanto atores no processo de tomada de decisão apesar da relação entre ambos que se poder classificar de ambivalente. Paralelamente, e considerando a escala de desenvolvimento do SADE, evidenciou o interesse manifestado pelos técnicos da administração local focado na decisão sobre o desenvolvimento do território garantido o cumprimento da legislação.

## 5. A IMPLEMENTAÇÃO DO SADE “RiskOTe”

**Sinopse do capítulo:** Este capítulo descreve a forma como se assegura a execução e funcionamento do sistema de apoio à decisão que integre a componente de análise de riscos para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo. No subcapítulo *Objetivos e Princípios dos Sistema de Apoio à Decisão* apresenta-se o objetivo, os conceitos adotados e a metodologia de análise adotada no SADE, tendo por referência os capítulos anteriores que se assume constituir a base de conhecimento do sistema de apoio à decisão. O subcapítulo seguinte explora a possibilidade de incorporação de cenários no sistema de apoio à decisão e a forma de o fazer. No subcapítulo *Arquitetura Técnica, Funcional e Modelo de Dados do SADE* apresenta-se de forma detalhada as opções técnicas que suportaram o desenvolvimento do sistema.

**Palavras-chave:** sistema de apoio à decisão espacial para suporte ao ordenamento do território integrando a gestão do risco; cenários; arquitetura técnica; arquitetura funcional; modelo de dados.

**Questão de investigação:** Poderá um modelo de apoio à decisão ser aplicado na gestão do risco para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo?

### 5.1.OBJETIVOS E PRÍNCIPIOS DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

#### 5.1.1. Objetivos

Para efeitos de avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo que integre a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos, foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão espacial que se designou “RiskOTe<sup>19</sup>”. O objetivo central do sistema de apoio à decisão espacial é apoiar a decisão no ordenamento do território para além do modelo binário. Este tradicionalmente associa a gestão do risco a decisões de autorização *versus* proibição sobre representações cartográficas assentes na suscetibilidade e/ou perigosidade e propor um modelo que assume a gestão do risco de uma forma mais abrangente em função do tipo de perigo/risco, intensidade, vulnerabilidade, capacidade de resposta e medidas de minimização do risco.

Importa salientar que subjacente ao desenvolvimento do SADE está o suporte à tomada de decisão e não a tomada de decisão, procurando-se garantir que as decisões são tomadas numa base sólida de informações e análises sobre os diferentes perigos, consequências, riscos, possíveis ações que podem ser tomadas para mitigar e reduzir os riscos e onde a apresentação de usos do solo compatíveis com a pretensão de transformação de uso do solo constitui uma das informações a considerar no processo.

Considerando o nível municipal como aquele onde se assumem opções fulcrais relacionadas com o ordenamento do território em paralelo com a coordenação política, institucional e operacional da gestão do risco e tendo presente os atores identificados no capítulo iv, o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial dirige-se preferencialmente a

---

<sup>19</sup> Onome do sistema junta o conceito risco (*Risk*) com ordenamento do território (*OTe*).

técnicos da administração local, servindo ainda de suporte ao processo de tomada de decisão. Para efeitos de acesso aos resultados dos cenários de desenvolvimento, de uma forma simplificada e abrangente a todos os possíveis atores envolvidos, prevê-se o desenvolvimento de uma plataforma websig para visualização e consulta.

No nível municipal, a escala preferencial no processo de análise de transformação de uso do solo, será a escala 1:10.000, coincidindo com a escala dos planos diretores municipais e com as precisões dos dados cartográficos da cartografia de risco.

A avaliação de risco preconizada para o processo de suporte à tomada de decisão foi inicialmente definida como quantitativa, mas pelas dificuldades associadas à aquisição de dados e ao desenvolvimento limitado de curvas de fragilidade para alguns perigos, optou-se por uma avaliação semiquantitativa complementada com uma avaliação qualitativa.

Neste contexto, importa relembrar a questão de investigação enunciada no ponto 1.3:

- Como poderá um modelo de apoio à decisão ser aplicado na gestão do risco para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo?

#### **5.1.2. Conceitos adotados**

Ao pretender avaliar-se a transformação de uso do solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos, torna-se obrigatório adotar um conceito de risco, uma vez que podem ser utilizadas várias definições, variando estas em função da disciplina e perspectiva, conforme se verificou no capítulo IV, constituindo a multiplicidade e adaptabilidade do conceito um dos aspetos mais interessantes que concorrem nesta discussão. Apesar do interesse associado à discussão do conceito, não constitui o objetivo da investigação esta análise, tendo-se adaptado o conceito de risco proposto por Julião *et al.* (2009), assumindo-se este como o produto da perigosidade (P) pela consequência (C), conforme enunciado no ponto 1.8 e discutido na componente de conhecimento do SADE (4.1). A sua adoção no desenvolvimento do SADE, prendeu-se fundamentalmente com a disseminação do conceito através de um guia metodológico, editado por uma entidade do estado central e a exequibilidade de cálculo da função em termos de disponibilidade de dados (Figura 56).

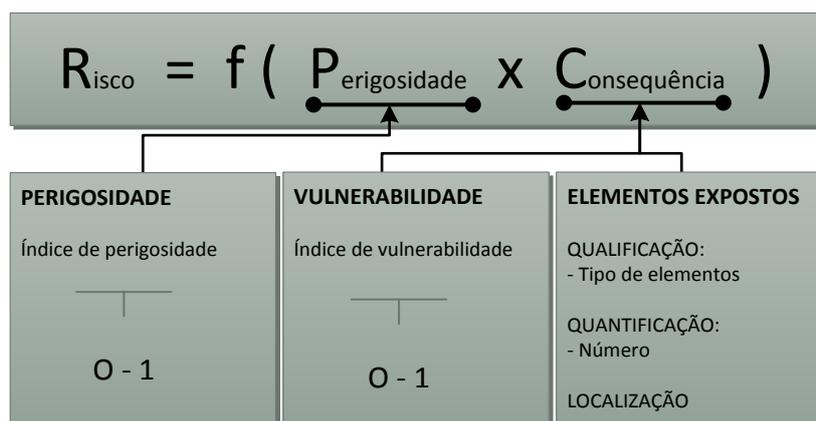


Figura 56 - Conceito de risco adotado (Adaptado de Julião *et al.*, 2009)

Em termos de unidade geográfica de análise, para efeitos de cálculo da vulnerabilidade e dos índices consequência, optou-se pela utilização das subsecções estatísticas do Instituto Nacional de Estatística, referentes aos Censos 2011, por motivos de disponibilidade de dados de forma harmonizada para o país e atualização dos mesmos.

### 5.1.3. Metodologia

Tendo presente os conceitos e princípios enunciados no ponto anterior, foi desenhado um esquema que sintetiza o processo de análise desenvolvido no sistema de apoio à decisão espacial (Figura 57). De uma forma genérica, podem-se identificar quatro fases no processo:

- 1) Definição da área de análise;
- 2) Componentes de análise;
- 3) Geração e análise dos resultados;
- 4) Tomada de decisão.

A primeira fase corresponde à definição da área geográfica na qual se pretendem elaborar os diferentes cenários de análise de risco.

A segunda fase consiste na aplicação dos modelos de análise do risco, através de um modelo semiquantitativo e um modelo qualitativo, na origem dos resultados a utilizar na fase seguinte.

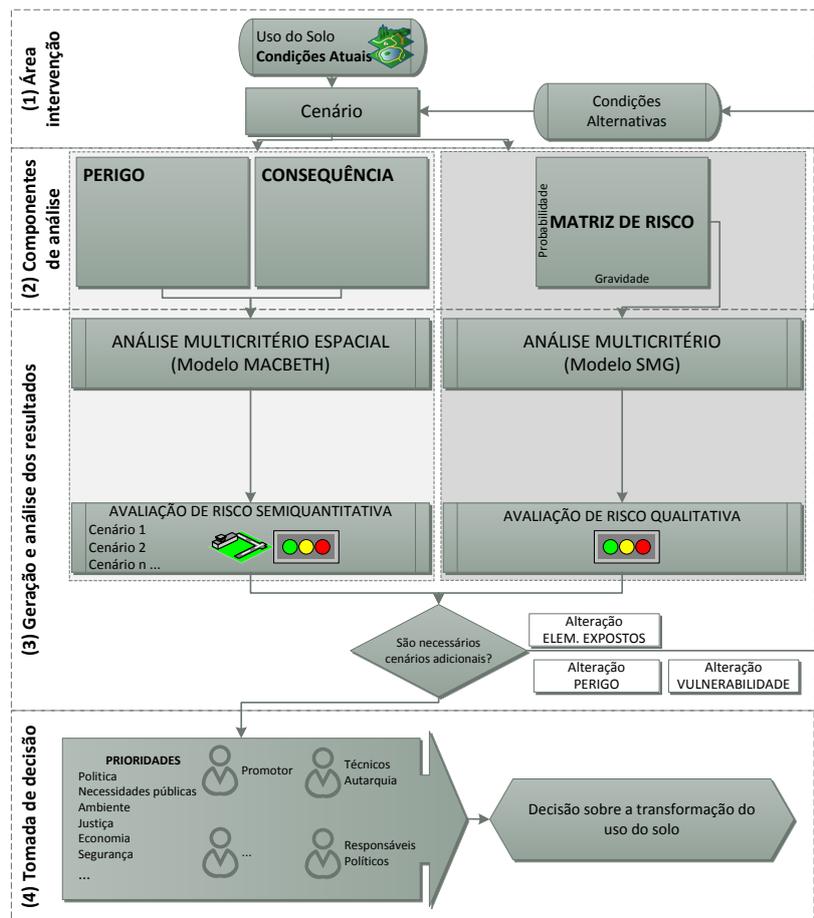


Figura 57 - Esquema de análise do SADE

O modelo semiquantitativo expressa o risco em termos de índices de risco, podendo-se descrever sinteticamente como o produto de um índice de perigosidade (P) por um índice de consequência (C), aplicado aos diferentes perigos com incidência no ordenamento do território. Na abordagem prevista inicialmente, os diferentes perigos seriam considerados no modelo de análise de risco através da sua intensidade e a vulnerabilidade através de curvas de vulnerabilidade onde se relaciona a intensidade do perigo com a extensão dos danos, tendo-se optado por uma abordagem semiquantitativa devido à dificuldade na obtenção de curvas de vulnerabilidade para os diferentes perigos. A Figura 58 sintetiza o modelo semiquantitativo de cálculo do risco para um perigo e que se pode resumir ao produto do índice para o perigo pelos índices consequência correspondentes às componentes de vulnerabilidade física, social, económica e ambiental, correspondendo a uma adaptação do modelo apresentado por Lumbroso e Woolhouse (2007), no contexto do projeto ARMONIA. Em termos de ponderação das diferentes componentes de vulnerabilidade, a opção centrou-se numa solução multicritério, tendo presente o objetivo de captar diferentes sensibilidades e a possibilidade de gerar múltiplos cenários para apoio à decisão. A proposta inicial de pesos para a análise multicritério foi obtida a partir do modelo MACBETH, descrito no ponto 4.3. A componente de capacidade de resposta não entra diretamente na função de risco preconizada no desenvolvimento do SADE, mas foi considerada à posteriori como um elemento informativo adicional e complementar para apoio à decisão. Todos os elementos integrantes do modelo de análise semiquantitativo, serão apresentados nos pontos seguintes, explicando-se em detalhe as variáveis utilizadas, a fórmula de cálculo e as referências bibliográficas utilizadas.

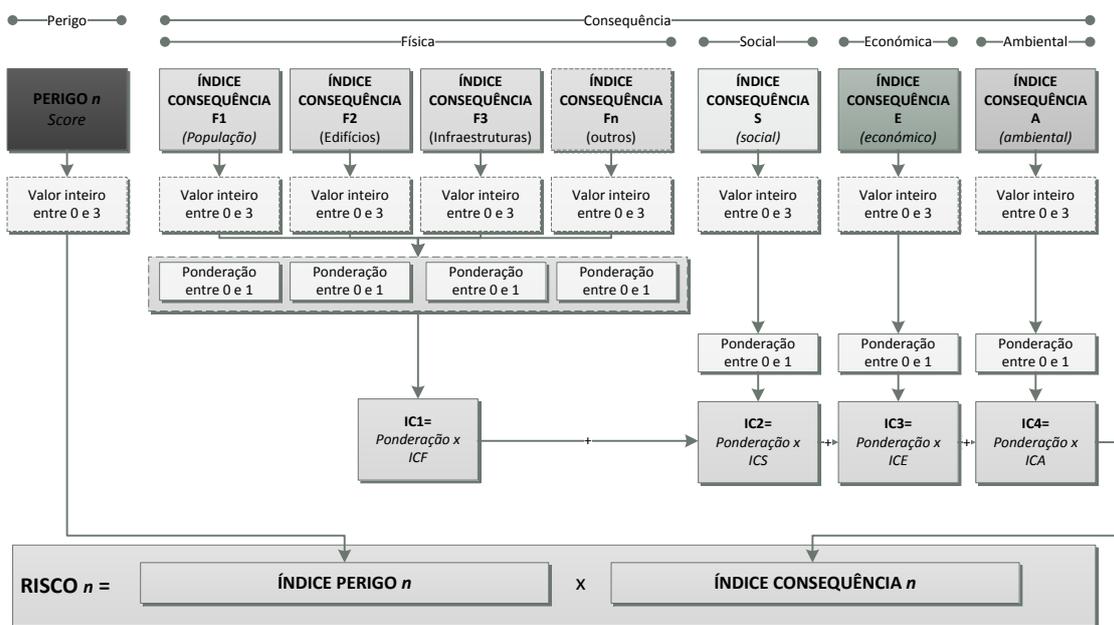


Figura 58 - Modelo de análise de risco semiquantitativo

Paralelamente, incluiu-se no SADE um modelo de análise de risco qualitativo, baseado numa matriz de risco que relaciona a probabilidade com os danos. Esta matriz de risco foi adaptada a partir do trabalho de Saunders (2012), tendo-se considerado a mesma metodologia multicritério suportada no modelo SMG (S=*seriousness*, M=*manageability*, G=*growth*), onde os danos sociais têm um peso de 50%, o edificado 25%, a economia 15% e o ambiente 10%.

A terceira fase inclui ainda, no momento de avaliação da necessidade de cenários adicionais, a apresentação de uma matriz de usos compatíveis, diretamente relacionados com o perigo em análise e com a classe de perigosidade onde se localiza a pretensão.

A quarta e última fase, corresponde ao processo de disponibilização da informação compilada nos diferentes cenários aos atores envolvidos para suporte à tomada de decisão.

O detalhe da forma de cálculo dos índices de perigo, dos índices consequência, capacidade de resposta, matriz de risco e matriz de usos do solo compatíveis será apresentado nos pontos seguintes.

### 5.1.3.1. Avaliação semiquantitativa do risco

#### 5.1.3.1.1. Índices de perigosidade/suscetibilidade

Conforme verificado no ponto 3.3, relativo à cartografia de risco enquanto instrumento de ordenamento do território e de gestão dos riscos nos PDM de 2ª geração, a integração dos perigos/riscos no ordenamento do território é efetuada de forma diversificada e pouco harmonizada no que se refere à terminologia utilizada (confundindo-se nalgumas situações o conceito de perigo com risco) e à própria representação cartográfica do perigo, surgindo representada através de diferentes componentes, como por exemplo, a intensidade do fenómeno, a probabilidade, a suscetibilidade ou a perigosidade. Considerando o exemplo

suíço, italiano ou francês, descritos no ponto referente à revisão da literatura, a integração dos perigos é efetuada tendo por base a relação da intensidade com a probabilidade do perigo, tendo constituído esta relação a primeira solução para calcular os índices para os diferentes perigos. Alternativamente, um método universal para classificar os perigos seria a probabilidade anual de excedência de uma determinada intensidade de perigo, uma vez que rapidamente se obteria um valor entre 0 e 1.

Tendo em consideração os perigos considerados no desenvolvimento do SADE, designadamente cheias/inundações, incêndios florestais, sismos, movimentos de vertente e tsunamis e a dificuldade em obter de forma harmonizada quer a componente relativa à intensidade, quer a componente relativa à probabilidade, optou-se por utilizar como índice para os diferentes perigos as classes de suscetibilidade definidas no guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal (Julião *et al.*, 2009). No Quadro 25 podem observar-se as classes consideradas e os respetivos valores de reclassificação.

Quadro 25 - Reclassificação da perigosidade/suscetibilidade num índice

Classe perigosidade/suscetibilidade	Índice
Elevada	3
Moderada	2
Baixa	1
Nula ou Não Aplicável	0

Fonte: RiskOTe

Não se discutem neste ponto os métodos de divisão em classes de suscetibilidade, apesar do elevado interesse e pertinência tendo em consideração as possíveis implicações na espacialização do fenómeno e conseqüentemente no ordenamento do território. A divisão em classes de fenómenos é em geografia uma matéria amplamente discutida e que pela possibilidade de obter resultados diferenciados na produção de cartografia de risco assume uma importância acrescida. A este respeito, Westen *et al.* (2011) salientam que as diferenças de visualização para os mesmos valores de risco podem ser bastante notáveis.

#### 5.1.3.1.2. Índices consequência

O desenvolvimento dos índices consequência a partir do modelo de risco preconizado anteriormente, caracteriza-se por dois aspetos fundamentais: a vulnerabilidade e o valor dos elementos expostos. No que diz respeito à vulnerabilidade, não foram utilizadas curvas ou funções de vulnerabilidade devido à sua indisponibilidade harmonizada para a totalidade dos perigos a incluir no SADE, tendo-se utilizado como alternativa índices calculados para as diferentes componentes de vulnerabilidade consideradas:

- Física;
- Social;
- Económica;
- Ambiental.

O desenvolvimento dos índices considera os seguintes elementos:

- População;
- Edificado;
- Infraestruturas;
- Outros edifícios (Agentes de proteção civil, infraestruturas críticas/sensíveis, monumentos, indústrias SEVESO);
- Outras áreas (agrícolas, florestais).

Para os perigos considerados no SADE, designadamente cheias/inundações, incêndios florestais, sismos, movimentos de vertente e tsunamis aplicaram-se diferentes índices consequência, que integram as seguintes componentes:

- Vulnerabilidade dos elementos expostos (através de um índice);
- Tipo e número de elementos expostos.

Pela impossibilidade de utilização generalizada em todos os municípios e dificuldade em obter de forma rigorosa o valor monetário ou estratégico a quantificação proposta para cálculo do índice consequência adotou-se o número de elementos.

A determinação dos vários índices consequência pode ser observada no esquema seguinte (Figura 59), adaptado de Lumbroso e Woolhouse (2007):

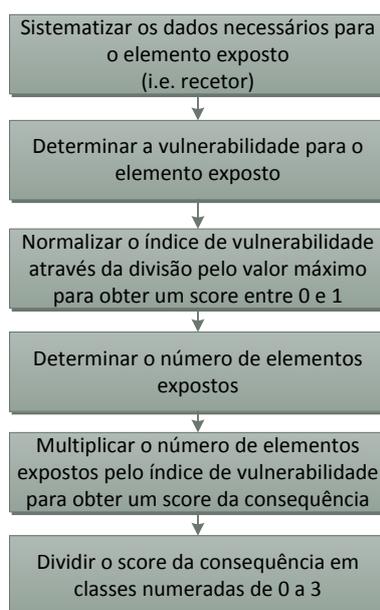


Figura 59 - Esquema de determinação dos índices consequência (Adaptado de Lumbroso e Woolhouse, 2007)

Assumindo as limitações das métricas adotadas no que se refere à vulnerabilidade, importa salientar os seguintes aspetos:

- 1) A utilização integrada das componentes de vulnerabilidade consideradas, designadamente a vulnerabilidade física, social, económica e ambiental, pode ser uma perspectiva demasiado complexa, face ao número de índices a calcular e à diversidade de variáveis envolvidas;

- 2) A abordagem multicritério das componentes de vulnerabilidade consideradas, apesar das vantagens descritas no ponto 4.3.1, é sempre discutível;
- 3) Em todas as componentes, a adaptabilidade das variáveis e ponderações às especificidades regionais é um ponto crítico na sua utilização;
- 4) Ao calcularem-se índices de para diferentes componentes de vulnerabilidade a sua utilização num índice composto tem problemas de comparabilidade;
- 5) Ao utilizar-se como unidade geográfica de análise a subsecção estatística, os problemas associados à agregação de dados também é um ponto crítico.

Tendo presente as limitações das métricas de vulnerabilidade adotadas, estas foram incluídas no modelo de análise de risco uma vez que permitem o cálculo de índices de vulnerabilidade sem limitações de dados. Não se discute a maior ou menor bondade das métricas, uma vez que a flexibilidade do sistema permite a substituição de índices de vulnerabilidade por índices que se considerem ter melhor desempenho. O único requisito para esta substituição prende-se com a integração do índice no sistema com a mesma estrutura de dados.

Nos pontos seguintes serão descritos os vários índices consequência pelas diferentes componentes de vulnerabilidade consideradas, designadamente a vulnerabilidade física, social, económica e ambiental.

#### 5.1.3.1.2.1. Componente física

A componente física da vulnerabilidade é determinada de acordo com a seguinte equação:

$$IC1 = (IC11 * Pi) + (IC12n * Pj) + (IC13 * Pk) + (IC14n * Pl)$$

Onde:

*IC11* é o índice consequência calculado para a população;

*Pi* é o peso definido no cenário do SADE para o índice consequência anterior;

*IC12n* é o índice consequência calculado para o edificado nos vários processos de perigosidade considerados;

*Pj* é o peso definido no cenário do SADE para o índice consequência anterior;

*IC13* é o índice consequência calculado para as infraestruturas;

*Pk* é o peso definido no cenário do SADE para o índice consequência anterior;

*IC14n* é o índice consequência calculado para outros elementos;

*Pl* é o peso definido no cenário do SADE para o índice consequência anterior.

As secções seguintes detalham o desenvolvimento dos índices para os seguintes elementos:

- População;

- Edifícios;
- Infraestruturas;
- Outros elementos.

### População

O índice de vulnerabilidade para a população utilizado no SADE é o mesmo para os diferentes perigos considerados. A vulnerabilidade da população, adaptada de Menoni *et al.* (2006), é aferida pela relação entre a população jovem e idosa e a população total, definida como o quociente entre o número de pessoas com idades compreendidas entre os 0 e os 5 anos conjuntamente com as pessoas com 65 ou mais anos e o número total de pessoas residentes, de acordo com a seguinte equação:

$$IV11 = \frac{(Pop(< 5) + Pop(> 65))}{Poptot} * 100$$

Onde:

$Pop(<5)$  é o número de pessoas com idades compreendidas entre os 0 e os 5 anos;

$Pop(>65)$  é o número de pessoas com 65 ou mais anos;

$Poptot$  é população total residente numa determinada área.

A exposição de uma subsecção estatística é definida como a densidade da população de acordo com a seguinte equação:

$$Pe = \frac{Pt}{At}$$

Onde:

$Pt$  é o número de residentes numa determinada área;

$At$  é a área de uma determinada área em Km<sup>2</sup>.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC11 = IV11 * Pe$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com o facto da população residente (jovem e idosa) poder ser diferente da população presente, num determinado local e instante (hora, dia, semana, mês...), conforme já identificado noutros estudos (ANPC, 2010).

## Edifícios

A vulnerabilidade dos edifícios a um perigo natural é frequentemente expressa em termos de uma função que relaciona a intensidade de um perigo com o grau de dano previsto para o edifício, normalmente apresentada em termos monetários ou económicos. Existem na investigação sobre o tema várias referências de funções de vulnerabilidade para edifícios desenvolvidas para uma série de desastres naturais como cheias, sismos, vulcanismo ou deslizamentos. No entanto, é importante notar que as funções de vulnerabilidade propostas têm sido geralmente desenvolvidas para países ou regiões específicas, como são o exemplo das curvas de fragilidade e vulnerabilidade integrantes na metodologia HAZUS, desenvolvidas nos Estados Unidos da América. Em Portugal, apesar de podermos encontrar alguns exemplos de curvas de vulnerabilidade e fragilidade, como é o caso das que constam no Plano Especial de Emergência para o Risco Sísmico na Área Metropolitana de Lisboa e Concelhos Limítrofes (PEERS-AML) ou no Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ERSTA) da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC, 2010), não é possível encontrar curvas para todos os perigos e desenvolvidas especificamente para o caso português.

Idealmente, a caracterização da vulnerabilidade do edificado deveria ser realizada numa escala grande e de forma individualizada. No entanto, quando se pretende assegurar a existência de dados harmonizados para todo o território e a escala de trabalho (no caso 1:10.000) não é pormenorizada, a opção de trabalhar com os dados do Recenseamento Geral da Habitação, realizado pelo Instituto Nacional de Estatística em 2011, torna-se incontornável.

A metodologia para determinação da vulnerabilidade do edificado para os diferentes perigos, baseou-se em indicadores da vulnerabilidade referente às características dos edifícios, adaptados partir de trabalhos desenvolvidos por vários autores e que se resumem no Quadro 26.

Quadro 26 - Referências bibliográficas de suporte à determinação da vulnerabilidade do edificado

Perigo	Referência bibliográfica
<b>Cheias /inundações</b>	Müller, A., Reiter, J., e Weiland, U. (2011) - Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 2107-2123, doi:10.5194/nhess-11-2107-2011.
<b>Incêndios florestais</b>	Caballero, Beltrán e Velasco (2007) - Forest Fires and Wildland-Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution, Session 5, 4th International Wildland Fire Conference in 2007.
<b>Deslizamentos</b>	Abella, E. (2008) - Multi-scale landslide risk assessment in Cuba, Utrecht, Utrecht University, ITC Dissertation 154, ISBN: 978-90-6164-268-8.
<b>Erosão costeira/galgamentos costeiros/maremotos</b>	Dall’Osso, F. e Dominey-Howes, D. (2009) - A method for assessing the vulnerability of buildings to catastrophic (tsunami) marine flooding. Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group Inc. pp.138.
<b>Sismos</b>	Giovinazzi, S. e Lagomarsino, S (2004) - Seismic risk analysis: a method for the vulnerability assessment of built-up areas. European Safety and Reliability Conference, Maastricht.

Para todas as métricas de vulnerabilidade associadas ao edificado, a principal limitação identificada encontra-se relacionada com a adaptabilidade das métricas ao contexto português. Apesar desta limitação e dado que a análise da robustez das métricas ultrapassava

o objetivo desta tese foram adotadas estas métricas (assumindo-se que a flexibilidade do sistema permite a integração de métricas mais robustas que possam existir).

A vulnerabilidade do edificado para o perigo de **cheias/inundações**, adaptada de Muller; Reiter e Weiland (2011), é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV12a = (Emr + Ehr)/2$$

Onde:

*Emr* é o número de edifícios com estrutura de paredes de alvenaria com placa, com estrutura de paredes de alvenaria sem placa, com estrutura de paredes de adobe ou alvenaria de pedra solta ou com outro tipo de estrutura sobre o total dos edifícios;

*Ehr* é o número de edifícios com 1 ou 2 pisos sobre o total dos edifícios.

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de edifícios recenseados (*En*), mais os edifícios considerados estratégicos, críticos e/ou vitais (EEECn), apresentando-se a sua definição após o índice consequência sísmico.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC12a = IV12a * (En + EEEcn)$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A vulnerabilidade do edificado para o perigo de **deslizamentos**, adaptada de Abella (2008), é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV12b = Emr + Eec$$

Onde:

*Emr* é o número de edifícios com estrutura de paredes de alvenaria com placa, com estrutura de paredes de alvenaria sem placa, com estrutura de paredes de adobe ou alvenaria de pedra solta ou com outro tipo de estrutura sobre o total dos edifícios em percentagem;

*Eec* é o número de edifícios construídos antes de 1981 sobre o total dos edifícios em percentagem, funcionando como *proxie* do estado de conservação.

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de edifícios recenseados (*En*), mais os edifícios considerados estratégicos, críticos e/ou vitais (EEECn), apresentando-se a sua definição após o índice consequência sísmico.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC12b = IV12b * (En + EEEcn)$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A vulnerabilidade do edificado para os perigos de **erosão costeira, galgamentos costeiros e maremotos**, adaptada de Dall’Osso e Dominey-Howes (2009), é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV12c = (w1 * s) + (w2 * m) + (w3 * g) + (w4 * f) + (w5 * so) + (w6 * mo) + (w7 * pc)$$

Onde:

*s* é o número de pisos;

*m* corresponde aos materiais de construção e técnica de construção;

*g* à hidrodinâmica do piso térreo;

*f* às fundações;

*so* à forma e orientação da implantação do edifício;

*mo* à proximidade a objetos móveis;

*pc* ao estado de conservação do edifício;

e *wn* às ponderações a atribuir a cada variável em função da especificidade regional.

A utilização da função de vulnerabilidade foi alargada para vários perigos relacionados com a linha de costa, constituindo um índice que só é possível de calcular com recurso a uma caracterização individualizada do edifício.

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de edifícios recenseados (*En*), mais os edifícios considerados estratégicos, críticos e/ou vitais (*EEECn*), apresentando-se a sua definição após o índice consequência sísmico.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC12c = IV12c * (En + EEECN)$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A vulnerabilidade do edificado para o perigo de **incêndios florestais**, foi adaptada a partir de Caballero, Beltrán e Velasco (2007) e é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV12d = \max(Pe \times Te)$$

Onde:

*Pe* corresponde à posição do edifício em função das seguintes classificações: casa isolada (6), pequeno aglomerado de casas dispersas (5), casa numa área intermédia (4), casa num aglomerado compacto (3), casa numa povoação rural (2), casa numa cidade/urbana (1), instalação industrial numa área industrial (1);

Te é o tipo do edifício em função das seguintes classificações: nova casa de pedra, betão ou edifício de aço, resistente ao fogo (1); edifício sólido, maior parte resistente ao fogo, com elementos combustíveis no exterior (2); construção industrial, armazém, presença de materiais inflamáveis (3); casa rural, com estrutura de madeira velha e pedra de barro ou telhas (4); casa de qualidade média com presença visível de plástico, madeira e outro material combustível (5); casa de má construção, armazém temporário com abundância de elementos inflamáveis e combustíveis (6).

Pe x Te corresponde à matriz que consta no Quadro 27.

Quadro 27 – Relação das variáveis Pe com Te

Pe x Te	1	2	3	4	5	6
1	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17
2	0,06	0,11	0,17	0,22	0,28	0,33
3	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50
4	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67
5	0,14	0,28	0,42	0,56	0,69	0,83
6	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de edifícios recenseados (En), mais os edifícios considerados estratégicos, críticos e/ou vitais (EEECn), apresentando-se a sua definição após o índice consequência sísmico.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC12d = IV12d * (En + EEEcn)$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A vulnerabilidade do edificado para o perigo **sísmico**, adaptada de Giovinazzi e Lagomarsino (2004), é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV12e = V_I^* + \Delta V_R + \Delta V_I$$

Onde:

$V_I^*$  é um índice de vulnerabilidade associado à tipologia de construção;

$\Delta V_R$  é o fator de vulnerabilidade regional;

$\Delta V_I$  representa uma contribuição para levar em conta no comportamento sísmico.

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de edifícios recenseados (En), mais os edifícios considerados estratégicos, críticos e/ou vitais (EEECn), apresentando-se no final deste ponto a sua definição.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC12e = IV12e * (En + EEEcn)$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

O facto dos Recenseamentos Gerais da Habitação, estarem centrados no parque edificado que possui funções habitacionais e pelo valor estratégico, crítico e/ou vital de alguns edifícios, justifica a adoção de um procedimento de avaliação da exposição dos mesmos. Para este efeito, desenvolveu-se um índice que integra os seguintes elementos:

- Agentes de proteção civil;
- Infraestruturas/equipamentos críticos/sensíveis;
- Monumentos;
- Indústrias SEVESO;

A exposição dos edifícios com valor estratégico e/ou vital é determinada a partir da seguinte equação:

$$EECV_n = APC_i + IC_i + M_i + IS_i$$

Onde:

*APC<sub>i</sub>* é o número de edifícios/instalações de agentes de proteção civil (bombeiros; forças de segurança; forças armadas; autoridades marítima e aeronáutica; INEM e demais serviços de saúde; sapadores florestais, serviços de proteção civil) na unidade geográfica de análise;

*IC<sub>i</sub>* é o número de edifícios/instalações associados a infraestruturas críticas (aeroportos, portos, estações comboio, escolas, lares, centros de dia) na unidade geográfica de análise;

*M<sub>i</sub>* é o número de monumentos (classificado como MN - Monumento Nacional) na unidade geográfica de análise

*IS<sub>i</sub>* é o número de indústrias SEVESO (estabelecimentos enquadrados pelo Decreto-Lei n.º 254/2007) ou instalações com licença ambiental (enquadrados pelo Decreto-Lei nº 173/2008, de 26 de Agosto) na unidade geográfica de análise.

Os valores obtidos para a exposição do edificado com valor estratégico e/ou vital, calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são adicionados ao total de edifícios recenseados, majorando dessa forma a exposição. Apesar da vulnerabilidade apurada em cada subsecção dizer respeito aos edifícios habitacionais, optou-se por multiplicar esta pelo total de edifícios recenseados com o total de edifícios com valor estratégico e/ou vital, como forma de contornar a inexistência de dados sobre estes, devendo por esse motivo ter alguma precaução na sua leitura. Quando a subsecção não apresenta o valor de vulnerabilidade calculado para o edificado habitacional assumiu-se o valor de vulnerabilidade médio do município.

### *Infraestruturas*

A vulnerabilidade das infraestruturas, considera as entidades lineares como a rede rodoviária ou outras infraestruturas (rede elétrica, rede de gás, rede de água, rede de telecomunicações). À semelhança do índice consequência para o edificado que foi diferenciado em função do processo de perigosidade, também aqui esta diferenciação seria pertinente, bastando para tal

refletir sobre o facto das consequências de um sismo ou de um incêndio florestal poderem resultar em consequências diferenciadas para as infraestruturas. No entanto, também neste ponto a opção para efeitos de implementação do SADE foi uma generalização do índice para todos os processos. A utilização de índices para a avaliação da vulnerabilidade da rede rodoviária é uma temática analisada por vários autores, podendo-se encontrar nos trabalhos de Melis e Maltinti (2009) ou Jenelius (2010) sínteses das diferentes métricas existentes na investigação sobre o tema. Neste trabalho, a vulnerabilidade da rede rodoviária é determinada para os perigos considerados no modelo a partir da seguinte equação:

$$IV13a = P_i * C_i$$

Onde:

$P_i$  é o peso (3,2,1) das classes da rede rodoviária, com base na sua hierarquia (AE(3), IP(3), IC(3); ER(3), EN(3); EM(2), CM(2) e vias locais(1)) e funciona como proxy para a vulnerabilidade;

$C_i$  é o comprimento da tipologia da estrada "i" em metros.

A vulnerabilidade das infraestruturas, como as redes de eletricidade, redes de gás, redes de água ou redes de telecomunicações é determinada para os perigos considerados no modelo a partir da seguinte equação:

$$IV13b = Q_j * C_j$$

Onde:

$Q_j$  é o peso (1, 2) das classes de tipologia da infraestrutura, associados a 2 níveis hierárquicos (elementos principais (2) e secundários (1));

$C_j$  é o comprimento da tipologia da rede "j" em metros.

O índice consequência resulta da soma dos índices obtidos para as diferentes redes consideradas:

$$IC13 = IV13a + IV13b$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com o facto das consequências dos diferentes perigos não resultarem em consequências diferenciadas para as infraestruturas.

#### *Outras áreas*

No caso dos perigos das cheias/inundações e incêndios florestais foram consideradas na vulnerabilidade física outras áreas. No caso das cheias/inundações a exposição considera as áreas agrícolas e é determinada a partir da seguinte equação:

$$IC14a = AI$$

Onde:

$AI$  corresponde à superfície de áreas agrícolas e agro-florestais em hectares.

Os valores obtidos para a exposição destas áreas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

No caso dos incêndios florestais a exposição considera as áreas florestais e as áreas protegidas e é determinada a partir da seguinte equação:

$$IC14b = Fa * Fp$$

Onde:

$Fa$  = Florestas e Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea (ha);

$Fp$  = *score* percentual da classe florestal em áreas protegidas, com base em 4 classes (0-25%  $Fp = 1$ ; 25% - 50%  $Fp = 2$ ; 50% - 75%  $Fp = 3$ ; 75% - 100%  $Fp = 4$ ).

Os valores obtidos para a exposição destas áreas são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com o facto dos elementos considerados terem um valor discutível.

#### 5.1.3.1.2.2. Componente Social

A componente social da vulnerabilidade, adaptada de Westen *et al.* (2011) e Flanagan *et al.* (2011), é determinada de acordo com a seguinte equação:

$$IV2 = (IG + R + N + F)/4$$

As diferentes componentes da equação integram os seguintes domínios:

- Idade e género
- Rendimento
- Nacionalidade
- Família

O domínio da idade e género, é obtido a partir da seguinte equação:

$$IG = [(P(0,14) + P(65, +)) / P(15,64)) + (M / H)]/2$$

Onde:

$P(0,14)$  corresponde à população com idades compreendidas entre os 0 e os 14 anos;

$P(65,+)$  corresponde à população com 65 ou mais anos;

$P(15,64)$  corresponde à população com idades compreendidas entre os 15 e os 64 anos;

$H$  corresponde à população residente do sexo masculino;

*M* corresponde à população residente do sexo feminino.

O domínio do rendimento, é obtido a partir da seguinte equação:

$$R = (PD(t) / PA(t))$$

Onde:

*PD(t)* corresponde à população desempregada em *t*;

*PA(t)* corresponde à população ativa em *t*.

O domínio da nacionalidade, é obtido a partir da seguinte equação:

$$N = PE(t) / PT(t)$$

Onde:

*PD(t)* corresponde à população estrangeira residente em *t*;

*PT(t)* corresponde à população total residente em *t*.

O domínio da família é obtido a partir da seguinte equação:

$$N = FM(t) / FT(t)$$

Onde:

*FM(t)* corresponde ao número de famílias com 1 indivíduo em *t*;

*FT(t)* corresponde ao número total de famílias em *t*.

Os valores obtidos para os vários domínios deverão ser normalizados, previamente ao cálculo final da vulnerabilidade social (IV2).

A exposição de uma subsecção estatística é definida como o total de indivíduos residentes recenseados (IRn).

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC2 = IV2 * IRn$$

Os valores obtidos para os índices consequência calculados para as diferentes subsecções estatísticas, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com a adaptabilidade ao contexto português. A escolha das variáveis, designadamente o género, a nacionalidade e família,

constitui uma opção, cuja importância para a determinação da vulnerabilidade social não será discutida.

#### 5.1.3.1.2.3. Componente Económica

A componente da vulnerabilidade económica é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV3 = En/Tn$$

Onde:

*En* corresponde ao número de estabelecimentos existentes na unidade geográfica de análise;

*Tn* corresponde ao número total de estabelecimentos existentes no município.

A exposição económica é obtida a partir do volume de negócios por estabelecimento:

$$EEc = VNe$$

Onde:

*VNe* corresponde ao volume de negócios no município por estabelecimento em euros.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC3 = IV3 * EEc$$

Os valores obtidos para os índices de vulnerabilidade, calculados para as diferentes subsecções estatísticas são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A vulnerabilidade de uma subsecção estatística foi adaptada de Léon (2006) e é determinada a partir do número de estabelecimentos, permitindo de uma forma expedita a afetação geográfica da vulnerabilidade, apesar de o número de estabelecimentos não ter uma relação direta com o potencial económico e com o número de empregos. Sempre que haja informação geográfica que permita realizar a afetação da vulnerabilidade de forma mais rigorosa, a solução preconizada poderá ser reajustada. Assim a principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com o estabelecimento da relação entre o número de estabelecimentos e o potencial económico.

#### 5.1.3.1.2.4. Componente Ambiental

A componente da vulnerabilidade ambiental, adaptada de Sebald (2010), é determinada a partir da seguinte equação:

$$IV4 = (RNi + APi)/2$$

Onde:

$RNi$  corresponde à proporção da REDE NATURA na unidade geográfica de análise;

$APi$  corresponde à proporção da área protegida / parque natural na unidade geográfica de análise.

No caso da REDE NATURA a exposição é determinada a partir da seguinte equação:

$$RNi = RNj/RNt$$

Onde:

$RNj$  corresponde à área da REDE NATURA na unidade geográfica de análise;

$RNt$  corresponde à área total da REDE NATURA no município.

Os valores de  $RNi$  obtidos para o município deverão normalizados para um valor entre 0 e 1.

No caso das áreas protegidas a exposição é determinada a partir da seguinte equação:

$$APi = APj/APt$$

Onde:

$APj$  corresponde à área da área protegida / parque natural na unidade geográfica de análise;

$APt$  corresponde à área total da área protegida / parque natural existente no município.

Os valores de  $APi$  obtidos para o município deverão normalizados para um valor entre 0 e 1.

A exposição corresponde ao somatório a área total da REDE NATURA com a área total da área protegida / parque natural existente no município.

O índice consequência resulta da multiplicação do índice de vulnerabilidade pela exposição:

$$IC4 = IV4 * (RNt + APt)$$

Os valores obtidos para a componente da vulnerabilidade ambiental, são classificados em 3 classes, utilizando-se o método de divisão por quantis.

A principal limitação desta métrica encontra-se relacionada com o facto de constituir uma visão redutora da vulnerabilidade ambiental, desconsiderando várias aspetos ambientais.

#### 5.1.3.1.3. Capacidade de Resposta

A capacidade de resposta integra o sistema de apoio à decisão espacial de forma complementar, não contribuindo de forma direta para o modelo semiquantitativo. A capacidade de resposta, apesar de utilizada cartograficamente de forma separada no sistema de apoio à decisão espacial é entendida como uma componente fulcral de apoio à decisão no ordenamento do território. Assumindo a perspetiva da capacidade de resposta da UNISDR (2009), e tendo presente o objetivo de avaliar a existência de equipamentos estratégicos e críticos na resposta a uma catástrofe ou desastre grave e a acessibilidade rodoviária no

município, definiram-se numa perspetiva institucional, duas métricas para a capacidade de resposta, adaptadas de Menoni *et al.* (2006):

- 1) Equipamentos críticos, estratégicos e vitais - número de equipamentos existentes na freguesia de acordo com uma ponderação (bombeiros (3); forças de segurança (3); hospital com serviço de urgência (3); outros hospitais e centros de saúde (2); sapadores florestais (2), forças armadas (2); autoridades marítima e aeronáutica (1), serviços de proteção civil (1)), contabilizados em cada subsecção estatística. Este valor é então classificado em três classes.
- 2) Acessibilidade - Distância-tempo dos quartéis de bombeiros mais a distância-tempo ao(s) centro(s) hospitalar/hospital, contabilizada a partir do centróide da subsecção estatística. Este valor é então classificado em três classes.

Apesar de ser uma perspetiva limitada da capacidade de resposta que integra parcialmente a componente institucional da resposta e não considera a capacidade de resposta individual, optou-se por seleccionar estas duas métricas no SADE devido à sua importância estruturante no ordenamento do território, designadamente no planeamento de equipamentos públicos e acessibilidades.

Assumindo as limitações das métricas adotadas no que se refere à capacidade de resposta, importa salientar três aspetos:

- 1) O facto de se considerar a freguesia como a unidade agregadora dos equipamentos para contabilização na unidade de análise, ou seja na subsecção estatística, ignora a área de influência dos equipamentos em termos de distância-tempo, podendo esta limitação ser ultrapassada utilizando a ponderação da distância-tempo;
- 2) Esta perspetiva da capacidade de resposta considera que as áreas com maior densidade de equipamentos e acessos vão ter maior capacidade do que aquelas que não têm acesso a equipamentos e com fracas acessibilidades. No entanto, como referem Menoni *et al.* (2006), o potencial de danos nas infraestruturas é negligenciado, podendo alterar significativamente a capacidade de resposta. Esta limitação pode ser ultrapassada através da elaboração de vários cenários no SADE;
- 3) Para efeitos de se considerarem as influências regionais e atenuar os efeitos das fronteiras a contabilização do número de equipamentos e a determinação das distâncias-tempo deverá incluir os equipamentos, bem como a rede viária existentes nos municípios adjacentes.

#### **5.1.3.2. Avaliação qualitativa do risco**

Tendo presente o esquema de análise do SADE, a componente de avaliação qualitativa de risco proposta assenta numa matriz de risco adaptada a partir do trabalho de Saunders (2012). Esta matriz de risco relaciona a probabilidade com as consequências a partir de critérios muito precisos, permitindo determinar diferentes níveis de risco e correspondentes possibilidades de transformação do uso do solo. Os detalhes da metodologia adotada e em particular da matriz de risco implementada no SADE podem ser consultados no ponto 4.3.2.1.

### 5.1.3.3. Matriz de usos do solo compatíveis

Durante a elaboração dos cenários possibilitados pelo SADE, a questão da compatibilidade do uso do solo proposto em face dos perigos, vulnerabilidades e riscos existentes assume uma importância redobrada. Os princípios para definição da compatibilidade de usos do solo com os zonamentos definidos na cartografia de risco deverão seguir, de acordo com Menoni *et al.* (2006), critérios de viabilidade técnica, disponibilidade de recursos, localização ou não em áreas sujeitas a múltiplos perigos ou a aceitabilidade social do risco e que são considerados no SADE como componentes de governança no processo de avaliação dos riscos. Existem na bibliografia exemplos de apoio à decisão no licenciamento urbanístico e aconselhamento sobre usos do solo compatíveis na proximidade de instalações industriais perigosas (MIACC, 1995; HSE, 2003), constituindo o trabalho de DGPC (2009) um bom exemplo de matriz de usos do solo compatíveis aplicada aos perigos naturais, designadamente ao fenómeno das cheias rápidas.

No que se refere à implementação no SADE da matriz de usos do solo compatíveis, esta constitui uma tabela onde para as classes de risco dos processos considerados, identifica de forma binária (sim/não) a compatibilidade dos usos. Os usos do solo foram identificados na matriz de forma generalizada, através de apenas cinco categorias (infraestruturas, habitacional, serviços, indústria, outros usos) incluindo-se por esse motivo um campo contendo exemplos com maior desagregação (Quadro 28).

Quadro 28 – Tabela ilustrativa do modelo de compatibilidade de usos do solo de acordo com a classe de risco

Risco	Usos				
	Infraestruturas	Habitacional	Serviços	Indústria	Outros usos
Elevado	Sim	Não	Não	Não	Sim
Moderado	Sim	Não	Não	Não	Sim
Baixo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Nulo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Adicionalmente consta na matriz um campo para as exceções aos usos do solo compatíveis. Esta matriz foi definida como uma prova de conceito, ou seja, enquanto implementação incompleta, mas bem sucedida, devendo ser encarada como uma tabela dinâmica onde se procuram refletir os princípios enunciados anteriormente.

## 5.2. A POSSIBILIDADE DE DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS NO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

### 5.2.1. O que são cenários?

O termo “cenário” é utilizado em diversos contextos e com diferentes finalidades e apesar de não constituir objetivo discutir a definição, importa apresentar a forma como o termo é utilizado. Assume-se nesta tese que a criação de cenários é parte integrante do sistema de apoio à decisão espacial, aceitando-se a recente definição proposta em OpenNESS (2014: 30) para cenários como sendo “descrições plausíveis, mas simplificadas como o futuro se vai desenrolar, baseados em premissas coerentes e internamente consistentes sobre os interesses

e relações envolvidos. Os cenários não são previsões do que pode acontecer, mas antes projeções sobre o que pode ou deveria acontecer com base em determinadas premissas sobre as quais pode haver uma grande incerteza.”. Apesar de existirem outras definições que poderiam ser adotadas na presente investigação, com particular evidência para as que são utilizadas no domínio ambiental (por exemplo em EEA, 2011) a definição anterior é suficientemente abrangente e reflete objetivamente a relação entre a complexidade e incerteza associada ao papel que se pretende para os cenários a desenvolver no sistema de apoio à decisão espacial.

Relativamente ao papel dos cenários, Zurek e Henrichs (2007) explicitam que estes devem servir para:

- Apoiar a estruturação das escolhas necessárias a efetuar após se verificarem as consequências a longo prazo;
- Apoiar o planeamento estratégico e a decisão através da disponibilização de uma plataforma cujo racional inclua as consequências das várias opções considerando incertezas associadas ao futuro;
- Facilitar a participação dos atores no processo de desenvolvimento estratégico através da possibilidade de inclusão das suas opiniões e pontos de vista.

O papel que se pretende para os cenários a desenvolver no sistema de apoio à decisão espacial, e tendo presente os papéis descritos, centra-se no apoio à decisão através da disponibilização de uma plataforma cujo racional inclua as consequências das várias opções.

Outro aspeto importante dos cenários diz respeito aos seus elementos, tendo-se adotado na presente investigação a proposta de Alcamo (2001). De acordo com o autor, os principais elementos de um cenário utilizado em estudos de natureza ambiental são os seguintes:

1. **Descrição sequencial das alterações.** O retrato faseado das alterações sociais e ambientais, constitui para o autor um dos principais elementos dum cenário.
2. **Fatores de influência das alterações.** Estes elementos são os principais fatores ou determinantes que influenciam a sequência de alterações dum cenário.
3. **Ano base.** Constitui o ano de início do cenário.
4. **Horizonte e intervalos temporais.** O futuro mais distante abrangido pelo cenário constitui o horizonte temporal e o intervalo refere-se ao número de anos entre cada cenário.
5. **Narrativa.** A narrativa constitui a descrição do cenário, destacando-se nesta as principais características do cenário e as relações entre os fatores de influência e essas características.

### 5.2.2. Tipologia de cenários

Associado às definições de cenários, existem também várias tipologias de cenários que podem ser distinguidas em função da perspetiva. Não obstante as diferentes perspetivas e tipologias de cenários existentes e devido à sua abrangência descreve-se nesta investigação a tipologia de cenários de Borjeson *et al.* (2006), onde se evidenciam três categorias principais de cenários. A classificação proposta pelos autores baseia-se em três questões fulcrais: O que irá

acontecer? Como pode acontecer? Como é que um determinado objetivo pode ser alcançado? (Figura 60). Adicionalmente existe uma desagregação em subcategorias que permite ter diferentes perspetivas sobre as categorias principais de cenários.

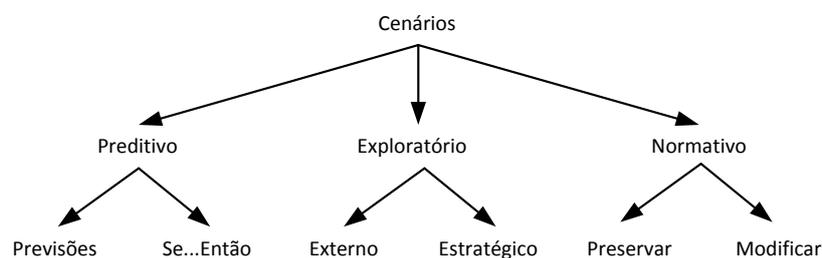


Figura 60 - Tipologias de cenários (Adaptado de Borjeson *et al.*, 2006)

O objetivo dos cenários preditivos é realizar uma tentativa de prever o que irá acontecer no futuro, e segundo Borjeson *et al.* (2006) são de dois tipos, distinguindo-se pelas condições relativas a onde e como irão acontecer. Os cenários “previsionais”, respondem à seguinte questão: o que irá acontecer, com base na condição que a probabilidade de desenvolvimento se desenrolará? Os cenários “Se...então” respondem à questão: o que irá acontecer, com base nalguns eventos determinados?

O objetivo dos cenários exploratórios é precisamente explorar situações ou desenvolvimentos caracterizados pela sua exequibilidade, a partir de várias perspetivas. Distinguem-se nesta categoria os cenários externos e os cenários estratégicos. Os cenários externos respondem à questão do utilizador: o que poderá acontecer ao desenvolvimento dos fatores externos? Os cenários estratégicos respondem à seguinte questão: o que poderá acontecer se agirmos de determinada forma?

No caso dos cenários normativos, o estudo tem pontos iniciais explicitamente normativos, e o foco de interesse é em determinadas situações ou objetivos e como estes poderão ser realizados. Os cenários normativos respondem à questão “como é que determinado objetivo pode ser alcançado”, e também integram dois tipos de cenários. Os cenários conservadores respondem à questão: como é que determinado objetivo pode ser alcançado, através de ajustamentos à situação atual? Os cenários transformadores respondem à questão: como é que determinado objetivo pode ser alcançado, quando as estruturas principais se alteram?

### 5.2.3. Desenvolvimento de cenários no sistema de apoio à decisão

Tendo como referência as principais características dos cenários ambientais, descritas por Alcamo (2001), descrevem-se nesta secção os cenários que se pretendem desenvolver no sistema de apoio à decisão RiskOTe. Neste contexto, pretendem-se desenvolver cenários de risco qualitativos e quantitativos, consistindo estes últimos numa quantificação do risco semiquantitativa, conforme é explicado no ponto 3.5. Os cenários a desenvolver serão ainda do tipo exploratórios, tendo como referência o presente e explorando as tendências para o futuro. Estão previstos desenvolver três cenários, designadamente o cenário correspondente ao figurino normal (*business as usual*), o cenário correspondente às alterações climáticas, e um

cenário de políticas correspondentes à introdução de medidas mitigatórias na análise de risco (Quadro 29).

Quadro 29 - Síntese dos cenários do RiskOTe

Cenário - Tema	Tipo de cenário (qualitativo ou quantitativo)	Tipo de cenário (preditivo, exploratório, normativo)	Número de cenários	Referências
RiskOTe – Cenários qualitativos e semiquantitativos de risco para o ordenamento do território	Qualitativo e Quantitativo	Exploratório	2 cenários base 1 cenário de políticas	Alcamo (2001)

Os cenários a implementar no sistema de apoio à decisão, pretendem providenciar uma visão global sobre orientações para o ordenamento do território, considerando uma análise de risco qualitativa e semiquantitativa. Os principais fatores que afetam a integração da cartografia de risco no ordenamento do território estão associados à crescente preocupação institucional e social no domínio da minimização da exposição ao risco. No domínio da integração da cartografia de risco no ordenamento do território à escala municipal, e conforme descrito no subponto 3.3, importa salientar enquanto fator que pode afetar o desenho dos cenários, o facto dos perigos/riscos incorporados nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais por um lado, dependerem fundamentalmente das obrigações legais; e por outro lado, são integrados de forma individual e com uma ligação ao regulamento que se relaciona apenas com as classes de maior perigosidade/suscetibilidade, evidenciando ainda que não existe integração com as várias dimensões da vulnerabilidade. A utilização integrada da componente da perigosidade com a componente da vulnerabilidade, como a preconizada no sistema de apoio à decisão desenvolvido na presente tese, e a utilização dos conceitos de capacidade de resposta ou a possibilidade de integração de medidas mitigadoras na análise de risco, espelha a preocupação com a minimização de risco, considerando várias dimensões e aspetos teóricos do conceito de risco. Importa ainda referir o perfil de governança do risco traçado no ponto 4.5.3, onde se identificaram os diferentes atores, as suas relações e prioridades na componente de tomada de decisão sobre a transformação do uso solo integrando a componente de análise de riscos e que neste caso permitiu sintetizar os diferentes interesses manifestados pelos vários atores, com particular importância para o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão a perspetiva dos decisores da administração local. O ano base para os cenários a desenvolver terão como referência os dados cartográficos a utilizar e terão como horizonte temporal, para o cenário das alterações climáticas, uma referência de 100 anos. O enredo dos cenários que se pretendem implementar, centra-se num exercício correspondente ao desenho de uma pretensão, associada a um desenvolvimento territorial, onde se pretende analisar o risco existente, o risco com a introdução de medidas mitigadoras e o risco no contexto das alterações climáticas. Estes cenários auxiliarão a decisão sobre a transformação do uso do solo, considerando como resultado a possibilidade de usos do solo compatíveis.

## 5.3. ARQUITETURA TÉCNICA, FUNCIONAL E MODELO DE DADOS DO SADE

### 5.3.1. Arquitetura técnica

A arquitetura técnica do SADE encontra-se organizada em três camadas (Figura 61). A “camada de dados” é responsável por armazenar e gerir os dados, tendo-se optado pela base de dados PostgreSQL. Esta constitui um sistema de gestão de base de dados relacional de elevado desempenho que inclui a extensão PostGIS para armazenamento de dados geográficos, adicionando suporte para as três características: tipos espaciais, índices e funções.

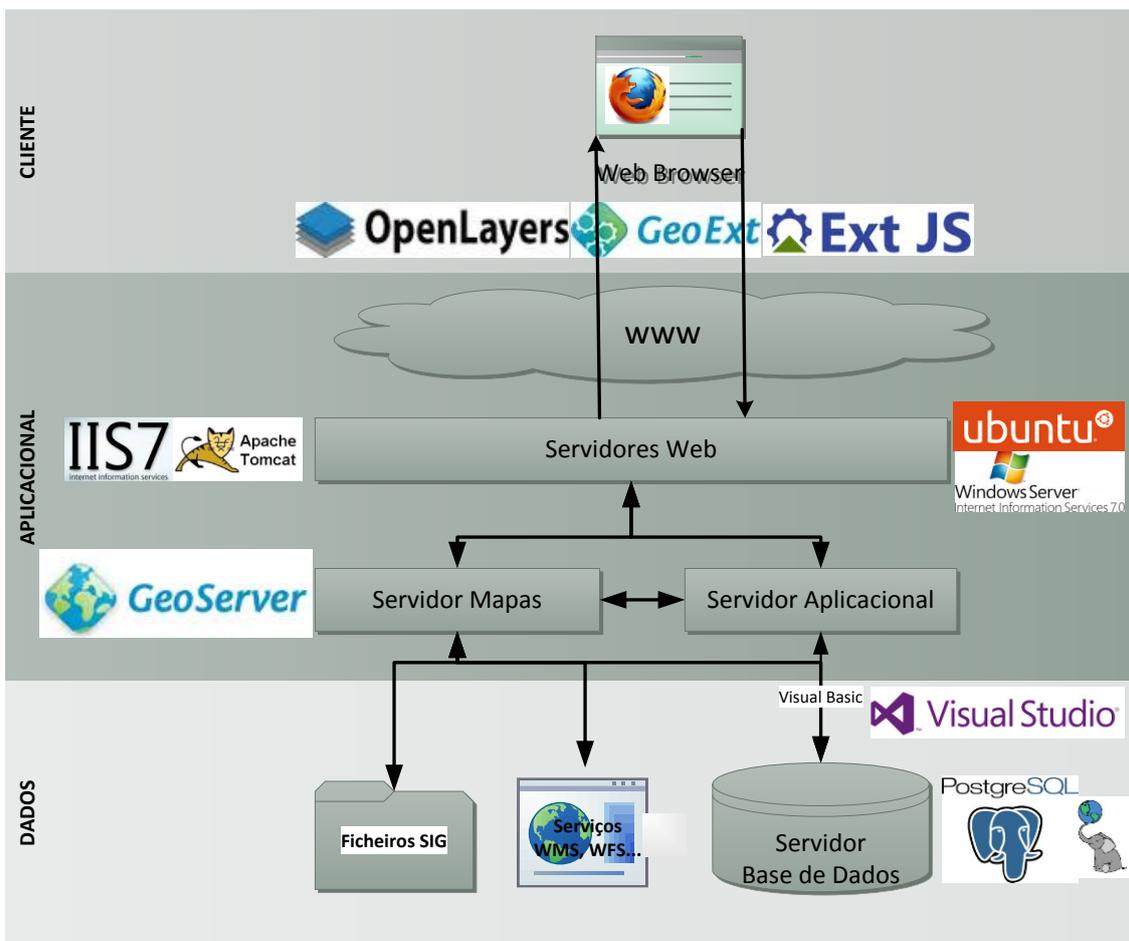


Figura 61 - Arquitetura técnica do SADE

A “camada aplicacional” corresponde ao núcleo da aplicação e é responsável por controlar as suas funcionalidades, tendo igualmente a capacidade de realizar a transição de dados entre as camadas de apresentação e dados e ainda todas as transições necessárias entre a própria aplicação e a camada de serviços. Esta camada integra o servidor de mapas GeoServer. O GeoServer é um servidor de mapas de código aberto escrito em Java que permite aos utilizadores partilhar e editar dados geográficos, utilizando padrões abertos definidos pela Open Geospatial Consortium (OGC), designadamente o Web Map Service (WMS) e o Web Feature Service (WFS). O desenvolvimento aplicacional do SADE foi efetuado com recurso ao Visual Studio 2013, tendo-se utilizado a linguagem de programação o Visual Basic .NET como

suporte ao desenvolvimento de todas as funcionalidades. A “camada cliente” ou de apresentação é a camada de mais alto nível e é responsável não só pelo contacto utilizador/aplicação através de um conjunto de interfaces que podem ser apresentadas num *browser* mas também por lhe fazer chegar a informação das camadas inferiores. Esta camada foi desenvolvida em HTML5 e Javascript, tendo-se recorrido a um conjunto de livrarias de suporte como por exemplo a biblioteca javascript OpenLayers para exibição dos dados geográficos nos *browsers*, a biblioteca javascript GeoExt que permite construir aplicações web com interfaces modernos e as bibliotecas Bootstrap e JQuery.

O código desenvolvido para a implementação do sistema de apoio à decisão riskOTe encontra-se num DVD, correspondente ao ANEXO III, podendo encontrar-se no mesmo, o projeto do Visual Studio e uma máquina virtual onde está instalado o servidor de mapas e o servidor de base de dados.

### **5.3.2. A arquitetura funcional**

O SADE integra 8 etapas que são as seguintes:

1. Página inicial do RiskOTE;
2. Ponderação multicritério;
3. Definição do cenário;
4. Análise da suscetibilidade/perigosidade;
5. Elementos expostos;
6. Análise da vulnerabilidade/índices consequência;
7. Capacidade de resposta;
8. Síntese de resultados e comparação de cenários.

Para melhor se perceber o fluxo e a relação entre as etapas a Figura 62 sintetiza o sistema.

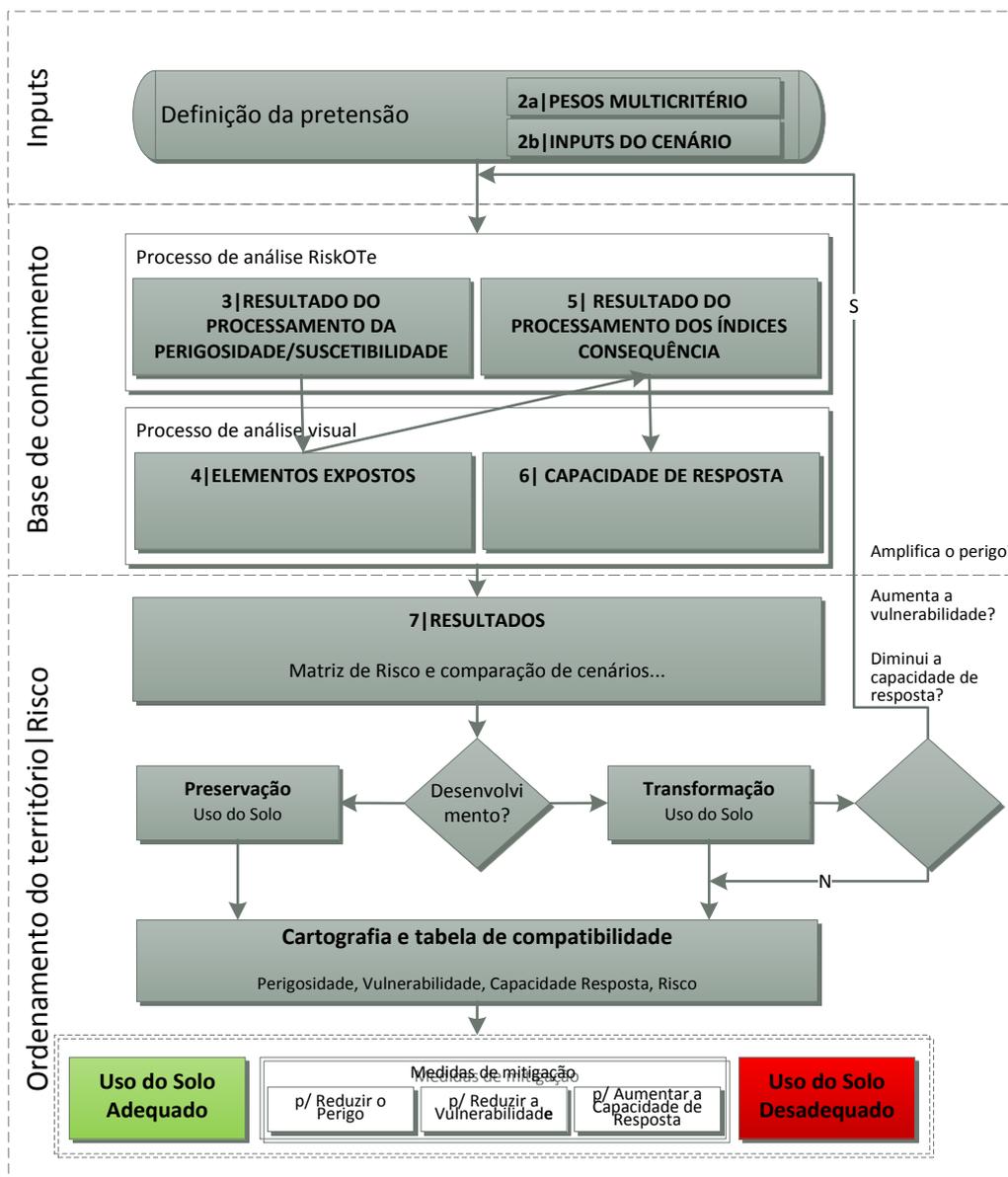


Figura 62 - Esquema simplificado do sistema RiskOTe

A utilização do SADE para efeitos de apoio ao ordenamento do território implica a construção de vários cenários. A construção destes cenários tem como objetivo a avaliação sobre a possibilidade de redução ou amplificação da perigosidade/suscetibilidade, a redução ou aumento da vulnerabilidade ou da capacidade institucional de resposta para efeitos de instrução do processo de tomada de decisão, procurando-se garantir que as decisões são tomadas numa base sólida de informações e análises. Estes cenários, integram para além da abordagem clássica restrita à perigosidade/suscetibilidade descrita no ponto 3.4, o reconhecimento da vulnerabilidade ou da capacidade de resposta institucional como fatores a considerar no processo de tomada de decisão. Em todos os cenários, a avaliação do risco é composta por uma abordagem qualitativa e outra semiquantitativa. Os princípios orientadores para a avaliação e decisão sobre a transformação de uso do solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos, encontram-se descritos no ponto 4.3.2.

Com o objetivo de explicar detalhadamente a operacionalidade do sistema de apoio à decisão desenvolvido, as várias funcionalidades são apresentadas de acordo com a sequência de procedimentos preconizada.

### 5.3.2.1. Etapa 1: Página inicial do RiskOTE

A primeira página do sistema de apoio à decisão RiskOTE deve ser considerada como a “base de conhecimento” e como uma porta de entrada para a sua utilização. Nesta primeira página pode ser encontrado o “Manual do Utilizador” onde se encontram as principais instruções para a utilização da aplicação (Figura 63).

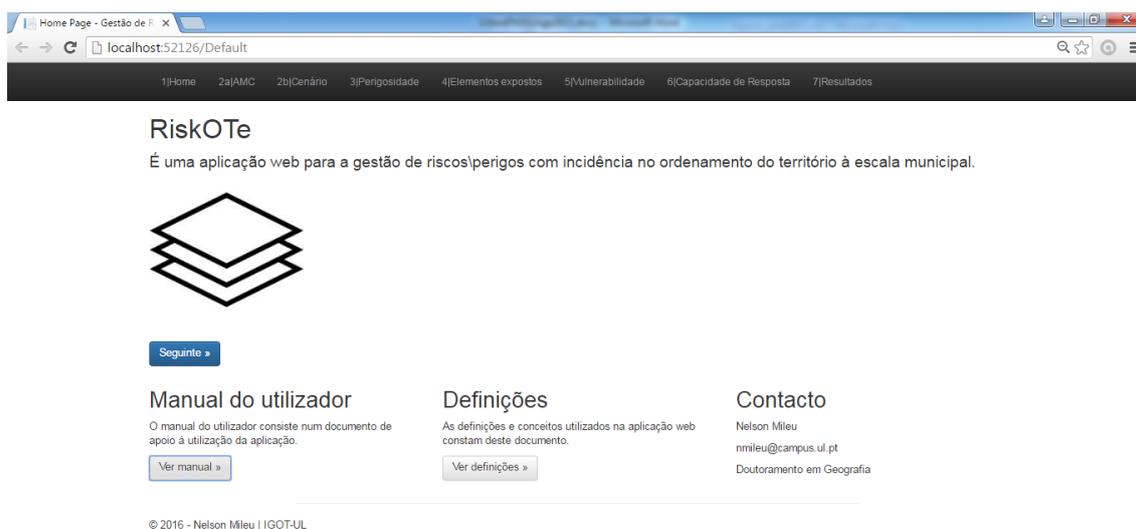


Figura 63 - Página inicial do RiskOTE

Adicionalmente, também podem ser encontradas todas as definições e referências que suportaram o desenvolvimento da aplicação e que constituem a base de conhecimento do SADE.

### 5.3.2.1. Etapa 2a: Ponderação multicritério

Conforme referido anteriormente, o SADE apresenta o resultado de forma desagregada por perigo/risco e não como uma agregação ou um tema resultante de uma abordagem multirisco, colocando ao dispor dos decisores a possibilidade de interpretar os diferentes níveis de risco e adotar as estratégias de gestão do território em conformidade. A execução de cada cenário envolve vários temas e diversas variáveis que possibilitam sintetizar as diferentes componentes dos modelos de análise de risco semiquantitativo e qualitativo adotados.

O modelo conceptual do risco semiquantitativo adotado na aplicação RiskOTE define-se como  $R = \text{Perigosidade (50\%)} \times \text{Vulnerabilidade (50\%)}$ . Na aplicação RiskOTE, a vulnerabilidade é composta pelas componentes de vulnerabilidade física/demográfica, vulnerabilidade social, vulnerabilidade económica e vulnerabilidade ambiental. Estas componentes são calculadas com recurso a diferentes indicadores adaptados de várias referências. Para as quatro

componentes da vulnerabilidade os valores indicados por defeito foram obtidos a partir da aplicação do método MACBETH, conforme descrito no ponto 4.3.1.1.1. Os valores indicados por defeito para cada componente, podem no entanto ser redefinidos pelo utilizador em função do objetivo de cada cenário. Uma vez seleccionados os pesos, estes serão aplicados à análise de todos os perigos/riscos seleccionados (Figura 64).

**Análise Multicritério - AMC.**

Step 2a|7 do cenário 93

2a.1 Ponderações do modelo de avaliação qualitativa

As ponderações da abordagem qualitativa baseia-se na metodologia de análise proposta por Saunders (2013) onde se avalia a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências (C) ao nível da saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG (S = *seriouness*, M = *manageability* e G = *growth*). Vítimas 50%, Edificado 25%, Economia 15% e Ambiente 10%, podendo-se em cada cenário adaptar as ponderações do modelo.

Consequência	Peso(%)
Vítimas	50
Edificado	25
Economia	15
Ambiente	10
TOTAL	100

2a.2 Ponderações do modelo de avaliação semiquantitativo

O modelo conceptual do risco adotado na aplicação RiskOTe define-se como resultado da Perigosidade x Vulnerabilidade. Na aplicação RiskOTe, a vulnerabilidade é composta pelas componentes de vulnerabilidade física/demográfica, vulnerabilidade social, vulnerabilidade económica e vulnerabilidade ambiental. Estas componentes são calculadas com recurso a diferentes indicadores adaptados de várias referências. Para as quatro componentes da vulnerabilidade os pesos relativos iniciais foram obtidos a partir do método MACBETH, podendo por opção adaptar os pesos relativos de 0 a 100% em cada cenário:

Índice Consequência	Indicador(es)	Referência	Peso (%)
1/Física	IC1.1: População IC1.2: Edificado IC1.3: Infraestruturas IC1.4: Outros	Menon et al (2006) Höller A., Raiser, J., and Weiland, U (2011) Caballero, Beltrán e Velasco (2007) Castellanos Abella, E. A. (2008) Dal'Ossa, F. and Donmay-Hovew, D. (2009) Giovannazzi, S. and Lagomarsino, S. (2009)	50
2/Sociais	IC2: Idade e género, Rendimento, Nacionalidade, Família	Nesken et al (2011) Ransgan et al (2011)	15
3/Económica	IC3: Economia	De León (2008)	15
4/Ambiental	IC4: Ambiente	Beltrán (2010)	10

Figura 64 – RiskOTe: etapa 2a

As ponderações da abordagem qualitativa baseiam-se na metodologia de análise proposta por Saunders (2012) onde se avalia a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências em termos de saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG (S = *seriouness*, M = *manageability* e G = *growth*): Vítimas 50%, Edificado 25%, Economia 15% e Ambiente 10%, podendo-se em cada cenário adaptar as ponderações utilizadas por defeito no modelo.

### 5.3.2.2. Etapa 2b: Definição do cenário

A terceira página do sistema de apoio à decisão RiskOTe, corresponde à etapa de definição do cenário de análise (Figura 65). A definição do cenário é composta por seis sub-etapas. A primeira permite ao utilizador seleccionar o concelho, a freguesia e definir o nome e descrição do cenário. Na segunda, o utilizador pode seleccionar os temas de perigosidade/suscetibilidade que serão analisados no cenário. A escolha dos temas considerados no sistema de apoio à decisão e correspondentes à situação atual, teve em consideração a análise efetuada no ponto 5.2 – Perigos/riscos com implicação no ordenamento do território e permite considerar temas que consideraram a componente das alterações climáticas nos seus pressupostos ou temas que consideraram a inclusão de medidas de mitigação associadas a um projeto de desenvolvimento. A terceira, permite ao utilizador escolher os elementos expostos a considerar na interseção topológica com a área de interesse. Os elementos expostos encontram-se organizados pelos tipos de entidades geométricas (pontos, linhas e área), tendo-

se adotado a estrutura descrita no Quadro 32 - Tipos de entidades e categorias dos elementos expostos utilizados.



Figura 65 – RiskOTE: Etapa 2b inicial

Na quarta sub-etapa o sistema permite a seleção do limite geográfico de uma área a considerar no cenário (Figura 66). Este limite será utilizado para efetuar a sobreposição com os temas de perigosidade/suscetibilidade, elementos expostos e vulnerabilidade que permitirão obter as características a considerar nos cenários comparativos.

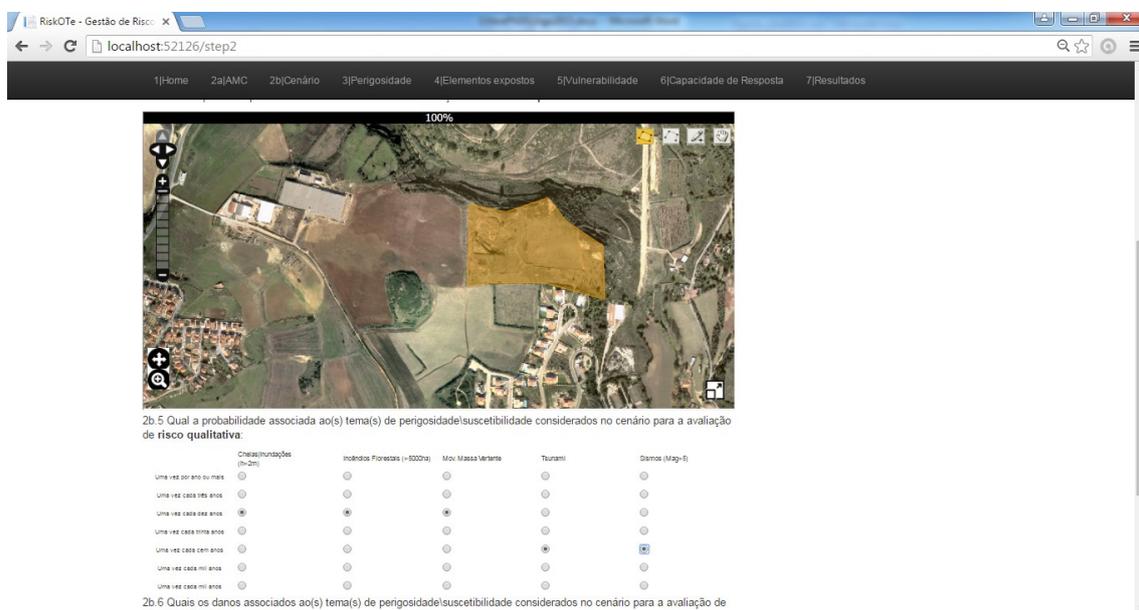


Figura 66 – RiskOTE: Etapa 2b subsequente

As duas últimas sub-etapas correspondem à definição dos *inputs* para a avaliação qualitativa do risco considerada no sistema de apoio à decisão no que se refere à probabilidade e consequências para os perigos considerados. A componente de avaliação qualitativa de risco proposta assenta numa matriz de risco adaptada a partir do trabalho de Saunders (2012), pormenorizada no ponto referente à revisão da literatura.

### 5.3.2.3. Etapa 3: Análise da suscetibilidade/perigosidade

A análise de perigosidade é acedida no terceiro passo do sistema de apoio à decisão (Figura 67). Os temas analisados resultam da seleção efetuada no passo anterior e para cada perigo selecionado é calculado um valor ponderado em função da área intersectada que varia entre 0 e 3, conforme descrito no ponto 5.1.3.1.1.

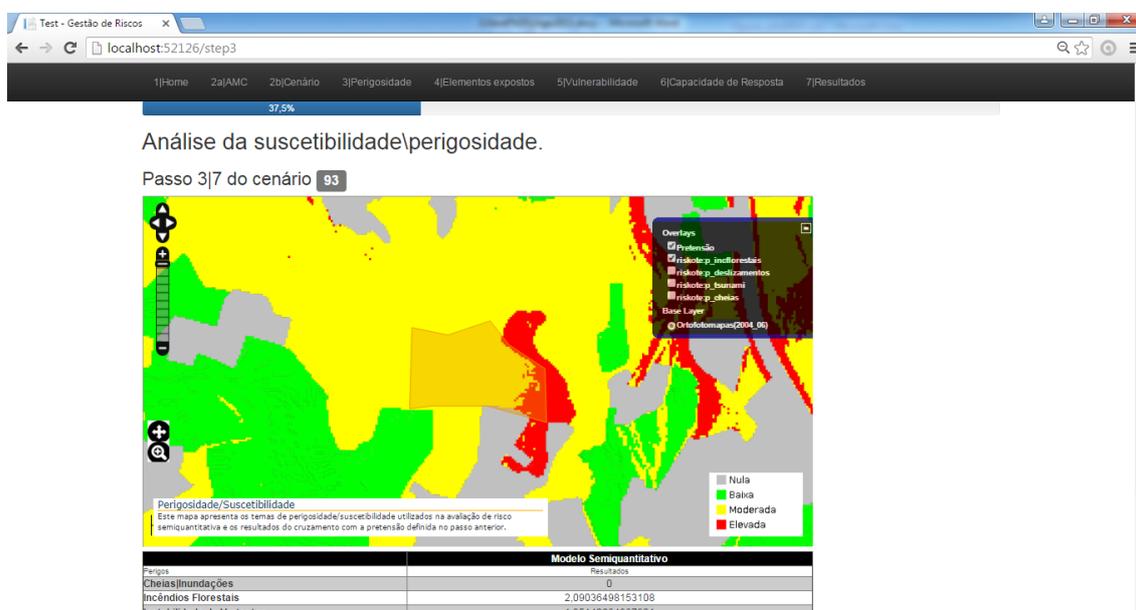


Figura 67 – RiskOTE: Etapa 3

### 5.3.2.4. Etapa 4: Elementos expostos

A avaliação dos elementos expostos não integra a avaliação de risco semiquantitativa, mas faz parte do sistema de apoio à decisão na medida em que constitui um elemento auxiliar da base de conhecimento (Figura 68). Os elementos expostos são apresentados em função do tipo de geometria do tema:

- Áreas;
- Linhas;
- Pontos.

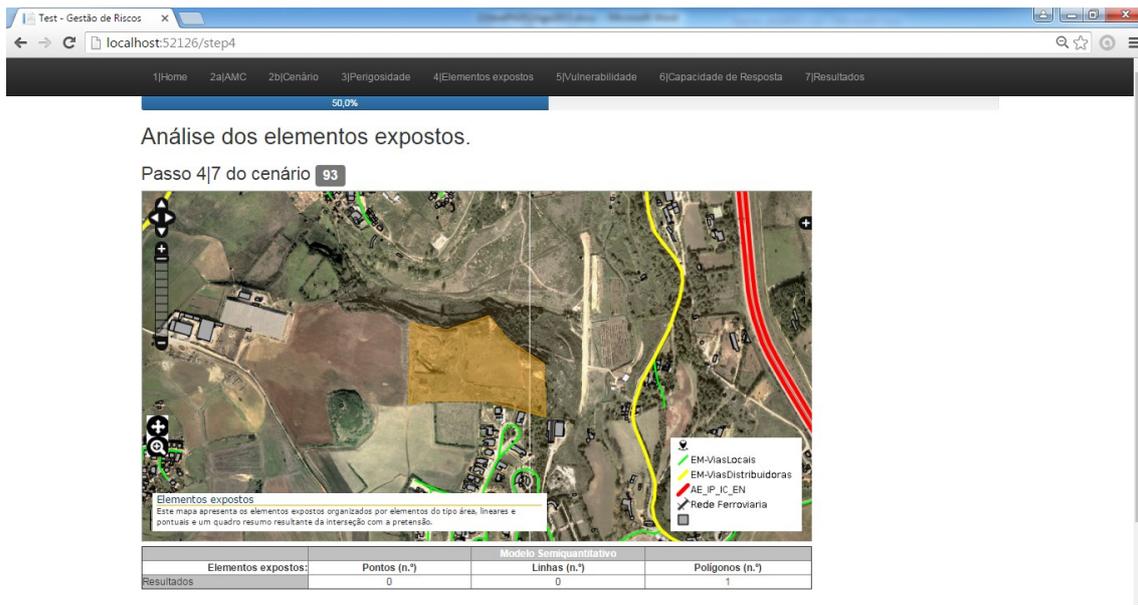


Figura 68 – RiskOTe: Etapa 4

### 5.3.2.5. Etapa 5: Análise da vulnerabilidade/índices consequência

Na etapa 5 estão acessíveis os mapas correspondentes aos índices consequência calculados para as diferentes componentes de vulnerabilidade, tal como descrito na “Avaliação semiquantitativa do risco - Índices consequência”, no ponto 5.1.3.1.2 (Figura 69).

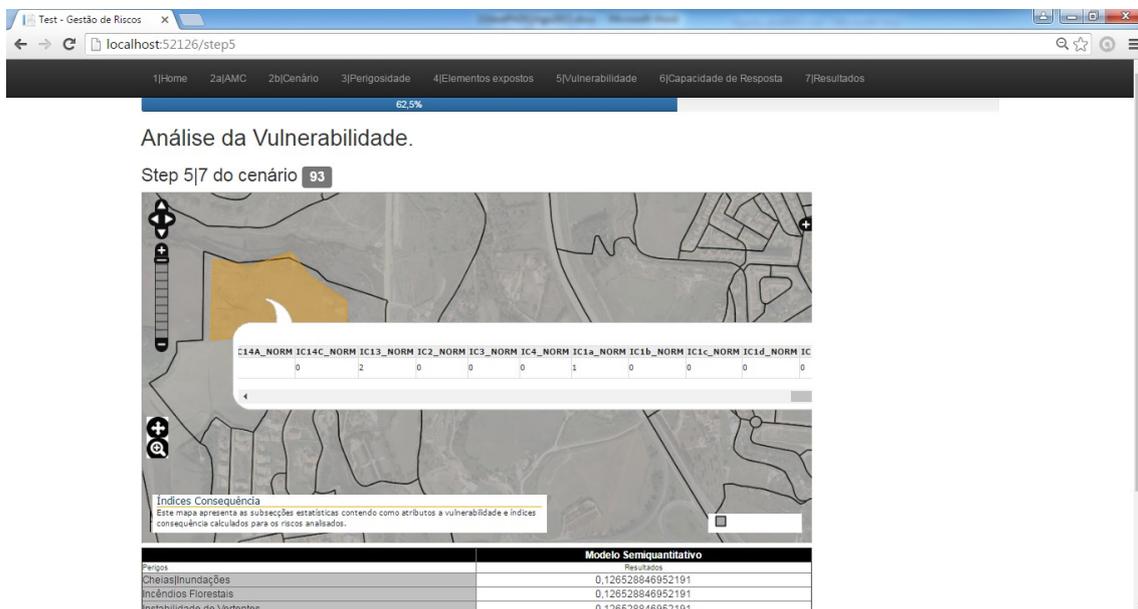


Figura 69 – RiskOTe: Etapa 5

Os índices consequência encontram-se estruturados pelas diferentes componentes de vulnerabilidade analisadas, normalizados numa escala de 0 a 3 e são específicos para cada perigo/risco seleccionado.

### 5.3.2.6. Etapa 6: Capacidade de resposta

Apesar da capacidade de resposta não integrar o modelo de análise semiquantitativo de risco, foi colocada no sistema de apoio à decisão como um elemento auxiliar na determinação de como a área a desenvolver pode ser afetada por uma catástrofe (Figura 70). Mesmo considerando apenas a componente institucional da resposta, através da métrica referente ao número de equipamentos críticos, estratégicos e vitais existentes e a acessibilidade aos quartéis de bombeiros e ao centro hospitalar/hospital, esta permite ter uma percepção dos equilíbrios/desequilíbrios territoriais e auxiliar o processo de tomada de decisão.

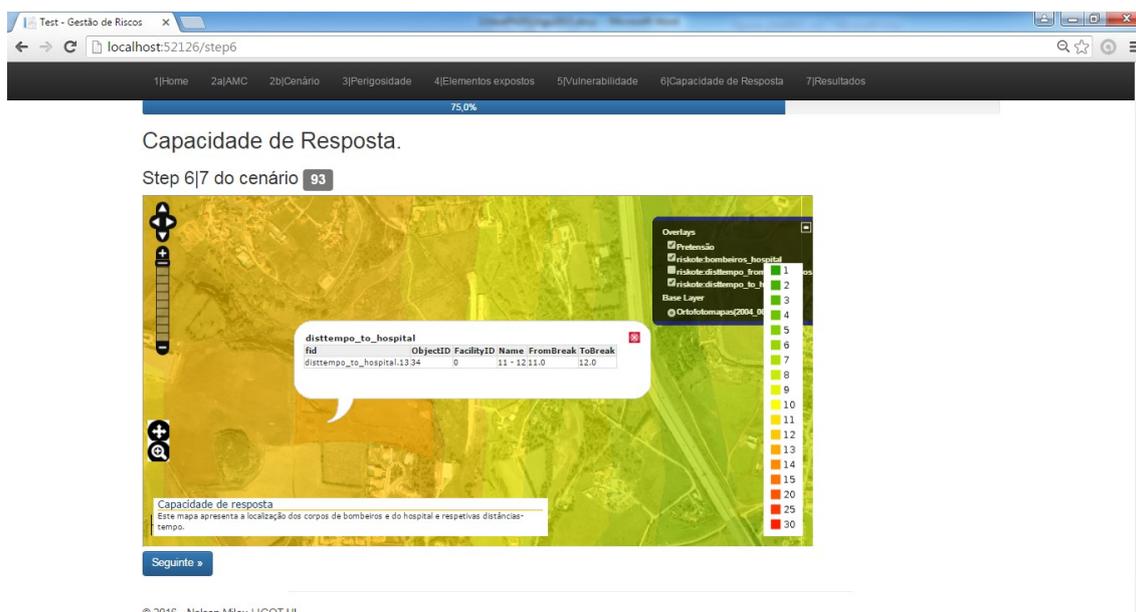


Figura 70 – RiskOTe: Etapa 6

### 5.3.2.7. Etapa 7: Síntese de resultados e comparação de cenários

A última etapa do SADE corresponde à síntese de resultados e à comparação de cenários (Figura 71). Os resultados do cenário encontram-se organizados em três blocos de informação. O primeiro de informação sintetiza os resultados do modelo qualitativo de avaliação do risco para os perigos/riscos selecionados no cenário. O segundo bloco sintetiza os resultados do modelo semiquantitativo de avaliação do risco, apresentando os valores apurados para a componente de perigosidade/suscetibilidade, índices consequências e risco. O terceiro lista as indicações resultantes para o ordenamento do território em função do risco qualitativo e semiquantitativo calculado para cada perigo/risco.

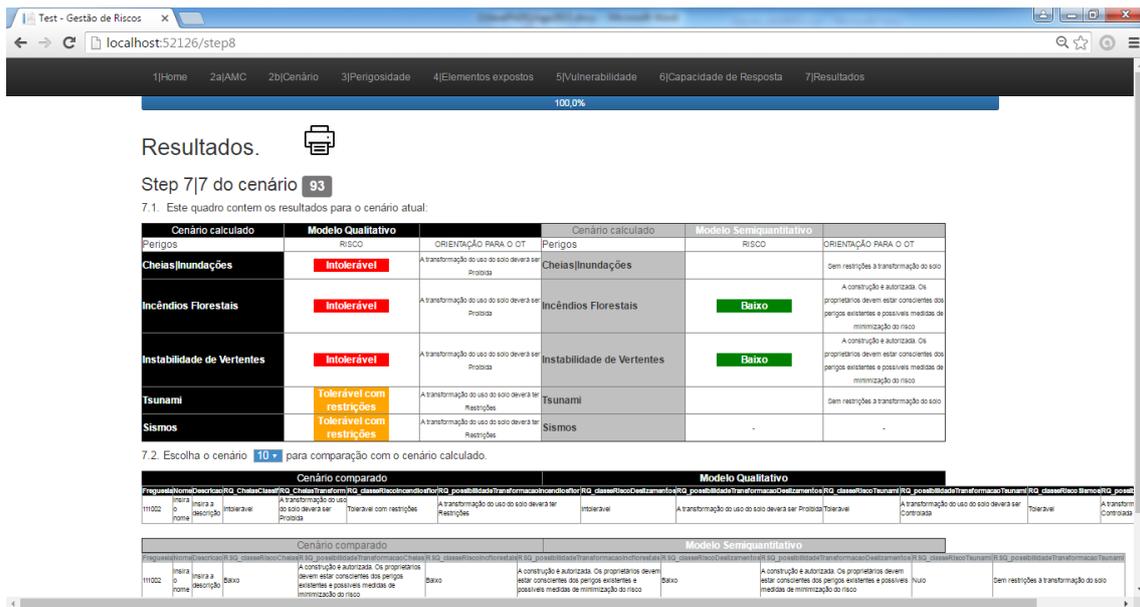


Figura 71 – RiskOTE: Etapa 8

Para além da síntese de resultados, nesta etapa é possível selecionar outros cenários armazenados na base de dados para efeitos comparativos. Nestas circunstâncias, quanto maior o número de comparações, maior a possibilidade de verificar se há alguma combinação de medidas de redução de risco ou de vulnerabilidade que poderia ser aplicado para reduzir o nível de risco na área a desenvolver.

Existem limitações e incertezas inerentes à simplificação de dados, à sua combinação ou mesmo simplesmente em relação à sua classificação. No entanto, a flexibilidade do sistema permite de uma forma pragmática abordar todas essas questões representando um contributo no desenvolvimento de uma ferramenta estruturada que integre a análise de risco e suporte o processo de decisão associado ao ordenamento do território.

### 5.3.3. Modelo de dados

A Figura 72 representa a estrutura lógica simplificada de armazenamento de dados na base de dados RiskOTe e que suporta o SADE. Os dados encontram-se organizados em 5 esquemas. O esquema “Perigos” integra 5 tabelas geográficas que representam a suscetibilidade/perigosidade dos temas cheias/inundações, movimentos massa em vertentes, incêndios florestais, tsunamis e sismos. O esquema “Índices Consequência” integra apenas uma tabela. Nesta tabela geográfica, cujas unidades de análise são as subsecções estatísticas e mais especificamente nos seus vários campos, podem encontrar-se as variáveis referentes às componentes da vulnerabilidade e índices consequência. No esquema “Capacidade de Resposta” podem-se encontrar as tabelas geográficas referentes à localização dos corpos de bombeiros e hospitais, bem como a tabela referente à distância tempo dos quartéis de bombeiros para cada subsecção estatística (ou unidade geográfica de análise) e a tabela referente à distância de cada subsecção estatística para o hospital com serviço de urgência mais próximo. O esquema “Elementos Expostos” é composto por três tabelas geográficas correspondendo genericamente aos tipos de entidades área, lineares e pontuais.

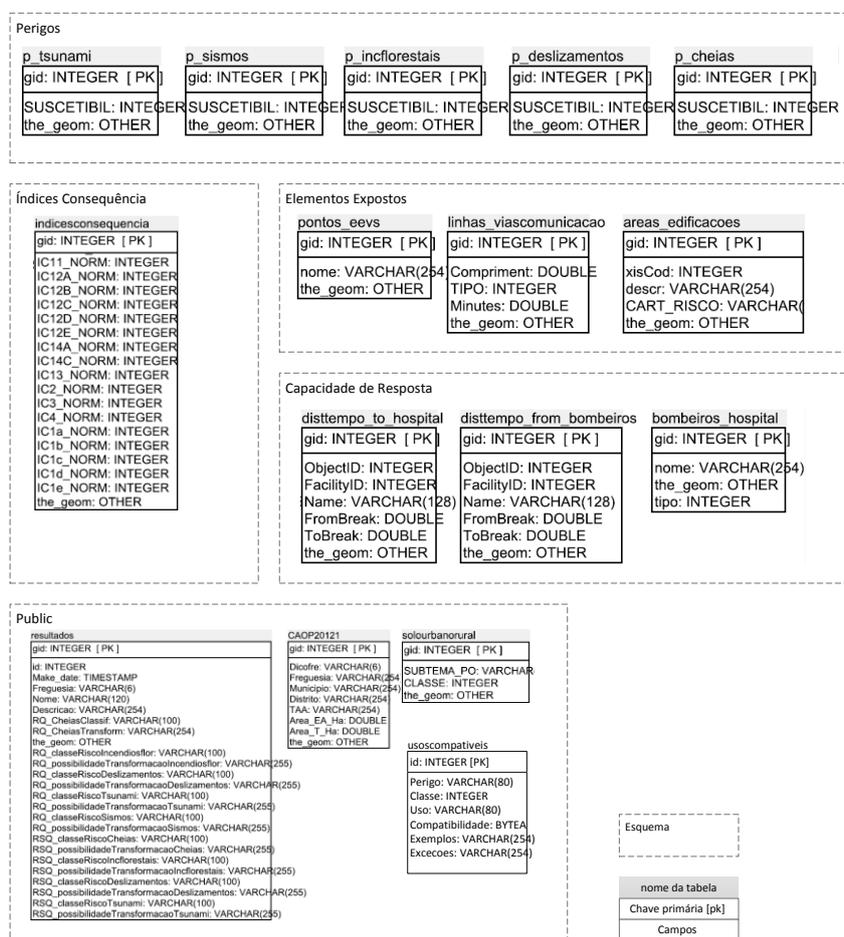


Figura 72 – Esquemas e tabelas da base de dados RiskOTe

O último esquema com a designação “Public”, contém a tabela “cenarios”, a tabela correspondente às “freguesias” e a tabela correspondente à matriz de usos compatíveis. A tabela “resultados” armazena toda a informação referente à configuração do cenário, como a descrição ou a localização, bem como todos os resultados obtidos no modelo de avaliação de risco qualitativo e semiquantitativo.



## 6. APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO - MUNICÍPIO DE OEIRAS

**Sinopse do capítulo:** Este capítulo, intitulado *Aplicação a um Caso de Estudo - Município de Oeiras*, consiste na demonstração prática da aplicabilidade do sistema de apoio à decisão a um caso de estudo, correspondente ao município de Oeiras. Os subcapítulos iniciais (“Introdução” e “Caso de Estudo”) apresentam o município que constitui o caso de estudo e a forma como que será utilizado o sistema de apoio à decisão.

O subcapítulo “Metodologia e Unidade Cartográfica de Análise” descreve de forma sintética a metodologia preconizada bem como a unidade cartográfica de análise na determinação da vulnerabilidade, listando-se no subcapítulo seguinte os dados utilizados no desenvolvimento dos cenários.

No subcapítulo “Análise Comparativa de Cenários” enquadram-se os cenários e apresentam-se os resultados obtidos, terminando o capítulo com uma síntese dos resultados e das limitações da metodologia identificadas nos testes realizados.

**Palavras-chave:** sistema de apoio à decisão espacial para suporte ao ordenamento do território integrando a gestão do risco; transformação de uso do solo; usos do solo compatíveis.

**Questão de investigação:** Quais são os cenários que o sistema irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados?

### 6.1. INTRODUÇÃO

O município de Oeiras constituiu o caso de estudo para testar a aplicabilidade da metodologia descrita no ponto 5.1.3 à escala municipal e implementada no sistema de apoio à decisão RiskOTe. Para testar a metodologia e o desenvolvimento do SADE foram utilizados os perigos integrados na “Planta de Ordenamento: Riscos com intervenção direta no ordenamento do território” disponível no sítio da revisão do PDM (<http://pdm.cm-oeiras.pt/default.aspx?pg=97826e71-a806-46e6-ba6b-5804fd40e734>), designadamente as cheias/inundações, movimentos de massa em vertentes, incêndios florestais e maremotos.

Os indicadores de vulnerabilidade e os índices consequência foram calculados com base nas subsecções estatísticas da Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI) dos Censos 2011, do Instituto Nacional de Estatística.

### 6.2. CASO DE ESTUDO

O município de Oeiras, integrado na Área Metropolitana de Lisboa, localiza-se a poente de Lisboa e tem o estuário do rio Tejo como fronteira natural a sul, numa extensão de 9 Km. O concelho, com uma área total de 46 Km<sup>2</sup>, confina a norte com os municípios de Sintra e Amadora e a oeste com o de Cascais. Trata-se de um concelho predominantemente urbano, que contava em 2011 com 172120 habitantes e com um elevado desenvolvimento económico associado à estruturação integrada de projetos de localização empresarial em espaços de

média e de grande dimensão e ligados maioritariamente a atividades do terciário superior. A localização de Oeiras pode ser observada na Figura 73.

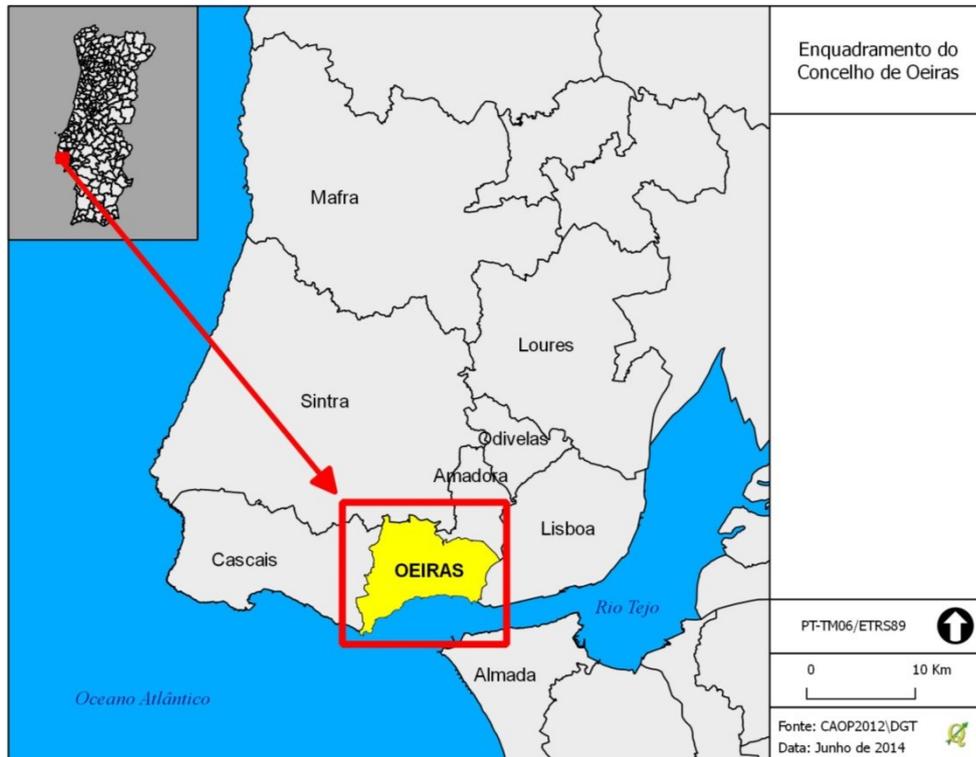


Figura 73 - Localização do caso de estudo

### 6.3.METODOLOGIA E UNIDADE CARTOGRÁFICA DE ANÁLISE

A metodologia utilizada na avaliação de risco que integra o SADE, encontra-se pormenorizada no ponto 5.1., constituindo a Figura 74, uma síntese da sequência de variáveis e processos que conduzem à avaliação de risco quantitativa e semiquantitativa desenvolvida no RiskOTE. A avaliação de risco qualitativa relaciona para cada perigo selecionado, a probabilidade com as consequências nos seus vários domínios (vítimas, sociais, economia, ambiente) e através de uma avaliação multicritério obtém-se a avaliação de risco qualitativa orientada para o ordenamento do território e para as decisões relacionadas com a transformação de uso do solo.

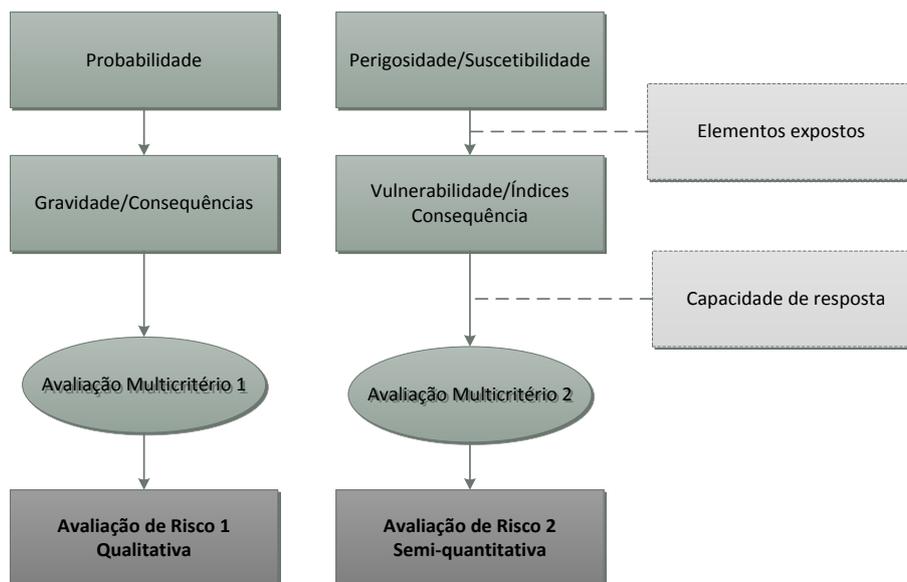


Figura 74 - Fluxograma simplificado da metodologia adotada no SADE RiskOTe

A avaliação de risco semiquantitativa relaciona cartograficamente para cada perigo selecionado, a perigosidade/suscetibilidade numa escala normalizada entre 0 e 3 com os índices consequência (onde consequência = vulnerabilidade x exposição) normalizados entre 0 e 3, nos seus vários domínios (vulnerabilidade física, social, económica e ambiental) e através de uma avaliação multicritério obtém-se a avaliação de risco semiquantitativa orientada para o ordenamento do território e para as decisões relacionadas com a transformação de uso do solo. Paralelamente são identificados os elementos expostos e a capacidade de resposta institucional e apesar de não integrarem diretamente o modelo de avaliação, constituem elementos de suporte ao processo de tomada de decisão.

Relativamente à unidade cartográfica de análise, foi utilizada a subsecção estatística uma vez que constituía a unidade censitária com maior desagregação geográfica, possibilitando a esta escala a determinação da maioria dos indicadores de vulnerabilidade.

## 6.4.DADOS UTILIZADOS

### 6.4.1. Cartografia de suscetibilidade/perigosidade

Os temas utilizados para a criação dos cenários que serviram de ensaio à metodologia, bem como as suas características principais, encontram-se descritos no Quadro 30. Apesar do tipo de representação espacial não ser originalmente vetorial, foram todos convertidos<sup>20</sup> para este tipo de representação e posteriormente exportados para a base de dados RiskOTe.

<sup>20</sup> Todos os processos de conversão foram assegurados pelo programa OGR2OGR (<http://www.gdal.org/ogr2ogr.html>).

Quadro 30 - Principais características dos temas de suscetibilidade utilizados nos cenários

<b>Designação/Origem</b>	<b>Tipo /Estrutura</b>	<b>Propriedade/Produtor</b>	<b>Escala</b>	<b>Data</b>	<b>Sist. Ref.</b>
<b>Carta de Zonas Inundáveis</b> (Estudo Hidrológico/Hidráulico para Delimitação das Zonas Inundáveis de Oeiras de acordo como Decreto-Lei n.º 115/2010)	Vetorial/Polígonos	Município de Oeiras/Município, S.A.	1:2.000	2011	ETRS89/ PT-TM06
<b>Carta de Suscetibilidade aos Movimentos de Massa em Vertente</b> (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil)	Matricial (resolução 10m)	Município de Oeiras/Município, S.A.	1:10.000	2011	ETRS89/ PT-TM06
<b>Carta de Suscetibilidade aos Incêndios Florestais</b> (Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil)	Matricial (resolução 10m)	Município de Oeiras/Município, S.A.	1:10.000	2011	ETRS89/ PT-TM06
<b>Risco de tsunami</b> (Planta de Ordenamento: Riscos com intervenção direta no ordenamento do território)	PDF	Município de Oeiras/Gabinete de Desenvolvimento Municipal	1:10.000	2013	ETRS89/ PT-TM06

À exceção do tema “Risco de Tsunami” que tinha apenas uma classe e que foi reclassificada com o valor 3, os restantes temas foram reclassificados de acordo com a classe de suscetibilidade:

- Classe de suscetibilidade elevada (classe com a cor vermelha) – valor 3;
- Classe de suscetibilidade moderada (classe com a cor amarela) – valor 2;
- Classe de suscetibilidade baixa (classe com a cor verde) – valor 1;
- Classe de suscetibilidade nula ou não aplicável (classe com a cor cinzenta) – valor 0.

Na Figura 75, podem observar-se os temas utilizados, designadamente a carta de suscetibilidade às cheias/inundações, a carta de suscetibilidade a movimentos de vertente, a carta de suscetibilidade a tsunamis (designada como de risco na fonte) e a carta de suscetibilidade aos incêndios florestais para o concelho de Oeiras.

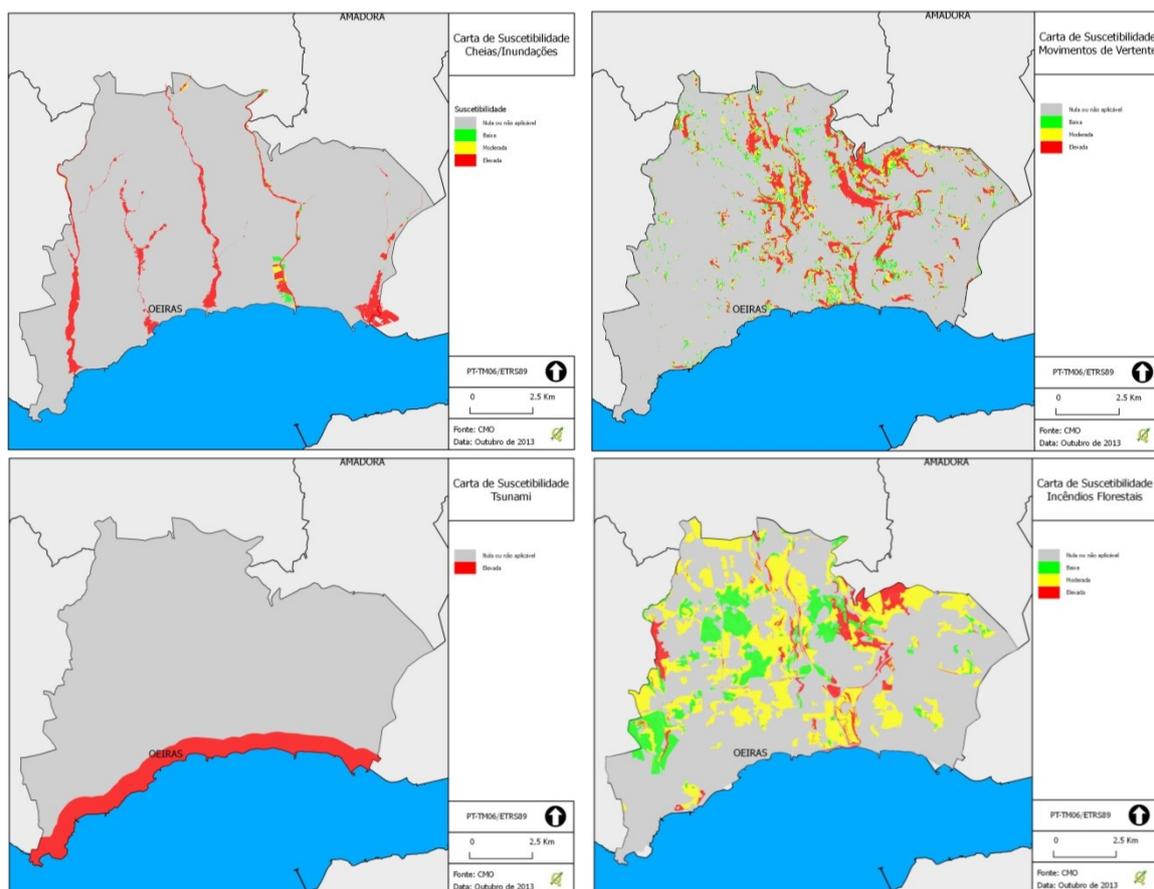


Figura 75 - Carta de Suscetibilidade às Cheia/Inundações, Movimentos de Vertente, *Tsunami* e Incêndios Florestais do Concelho de Oeiras

#### 6.4.2. Elementos expostos

Todos os elementos expostos selecionados e exportados para a base de dados RiskOTe, tiveram origem na cartografia à escala 1:2.000 do Município de Oeiras (Quadro 31).

Quadro 31 - Origem dos elementos expostos utilizados nos cenários

Designação/Origem	Tipo/Estrutura	Propriedade/Produtor	Escala	Data	Sist. Ref.
<b>Cartografia topográfica</b>	CAD: DGN	Município de Oeiras/Municipia, S.A.	1:2.000	2011	ETRS89/ PT-TM06

Estes foram organizados de acordo com uma simplificação das categorias e tipos de entidades propostas por Menoni *et al.* (2011). A opção pela simplificação na seleção das categorias dos elementos expostos, relacionou-se com a necessidade de simplificar o processo de análise espacial desenvolvido no SADE. No entanto, esta opção não é impeditiva da inclusão, a qualquer momento, de outras categorias nos diferentes tipos de entidades, dada a flexibilidade do sistema (Quadro 32).

Quadro 32 - Tipos de entidades e categorias dos elementos expostos utilizados

Tipo de entidade	Elemento exposto
<b>Área</b>	Edificado
<b>Linhas</b>	Rede viária e ferroviária
<b>Pontos</b>	Áreas comerciais

Monumentos  
 Nós de transportes (estações de caminhos de ferro)  
 Elementos estratégicos, sensíveis ou vitais (rede hospitalar e de saúde, rede escolar, quartéis de bombeiros e instalações de outros agentes de proteção civil e autoridades civis e militares)

A Figura 76 representa os elementos expostos utilizados nos cenários.

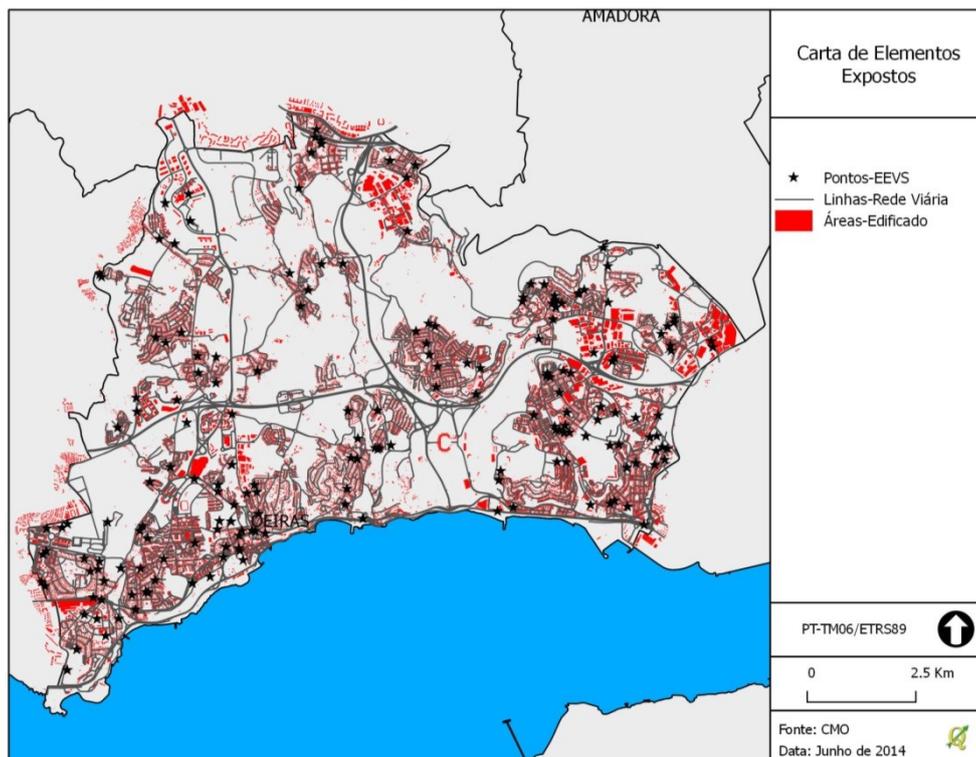


Figura 76 - Elementos expostos utilizados nos cenários

### 6.4.3. Vulnerabilidade e índices consequência

O Quadro 33 sintetiza os temas utilizados no cálculo da vulnerabilidade e índices consequência para Oeiras. Os Censos 2011 do Instituto Nacional de Estatística constituíram a principal fonte relativamente aos dados da população e edificado, determinando a opção pela unidade mínima geográfica que foi a subsecção estatística. Para as variáveis que não tiveram origem nos censos, os dados foram agregados à subsecção estatística, como será explicado nos pontos seguintes.

Quadro 33 - Temas utilizados no cálculo da vulnerabilidade e índices consequência

Designação/Origem	Tipo/Estrutura	Propriedade/Produtor	Escala	Data	Sist. Ref.
Base Geográfica de Referência de Informação	Vectorial/Polígonos	Instituto Nacional de Estatística	1:10.000	2011	ETRS89/ PT-TM06
Edifícios	Vectorial/Polígonos	Município de Oeiras/Município, S.A.	1:1.000	2009	ETRS89/ PT-TM06
Eixos de Via	Vectorial/Linhas	Município de Oeiras/Município, S.A.	1:2.000	2011	ETRS89/ PT-TM06
Rede de Distribuição de Água	Vectorial/Linhas	SIMAS/SIMAS	1:1.000	2009	ETRS89/ PT-TM06
Carta de Uso e	Vectorial/Polígonos	Município de	1:2.000	2012	ETRS89/ PT-



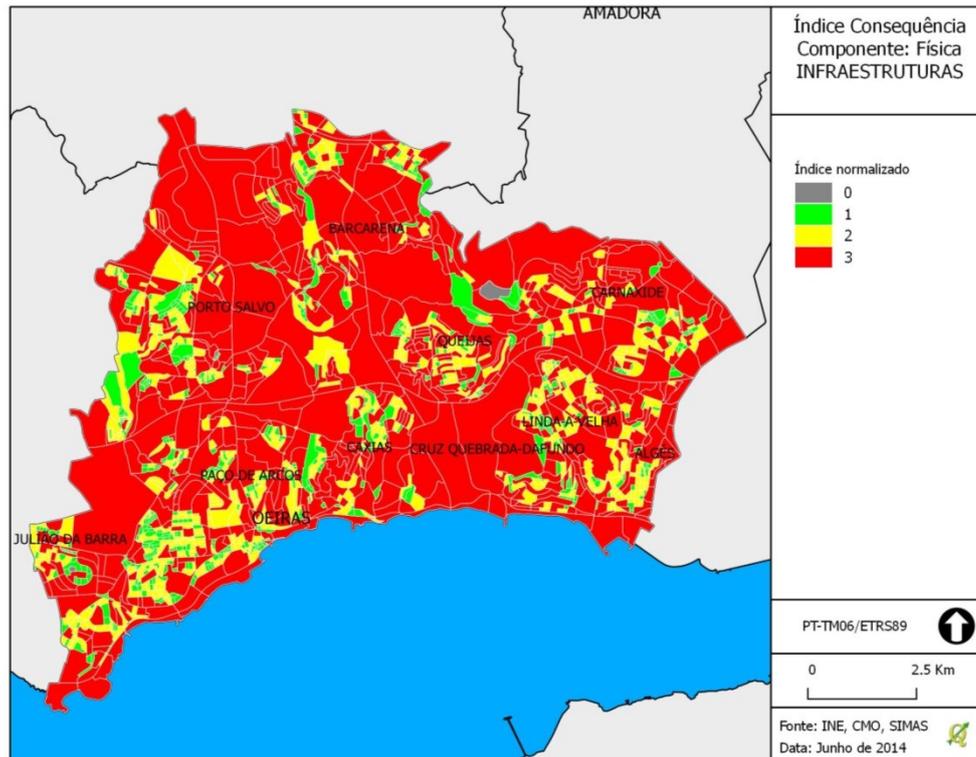


Figura 78 - Índice Consequência normalizado da componente física: infraestruturas

A quarta subcomponente física da vulnerabilidade, relativa a “outras áreas”, aplica-se apenas ao perigo das cheias/inundações e incêndios florestais. Para ambos os perigos o tema utilizado foi a carta de uso e ocupação do solo, considerando-se no primeiro caso a classe das áreas agrícolas e agro-florestais e no segundo a classe das Florestas e Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea. A Figura 79 e Figura 80 sintetizam os índices consequência para o perigo das cheias/inundações e incêndios florestais, agregados à subsecção estatística e normalizados entre 0 e 3.

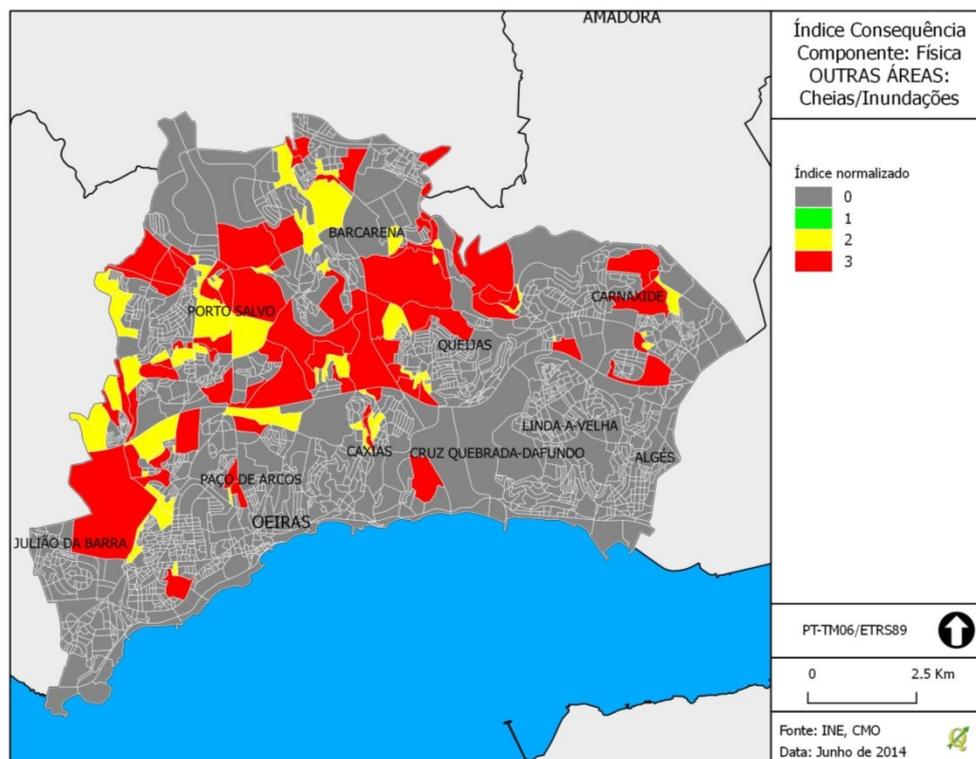


Figura 79 - Índice Consequência normalizado da componente física – outras áreas. para o perigo de cheias/inundações

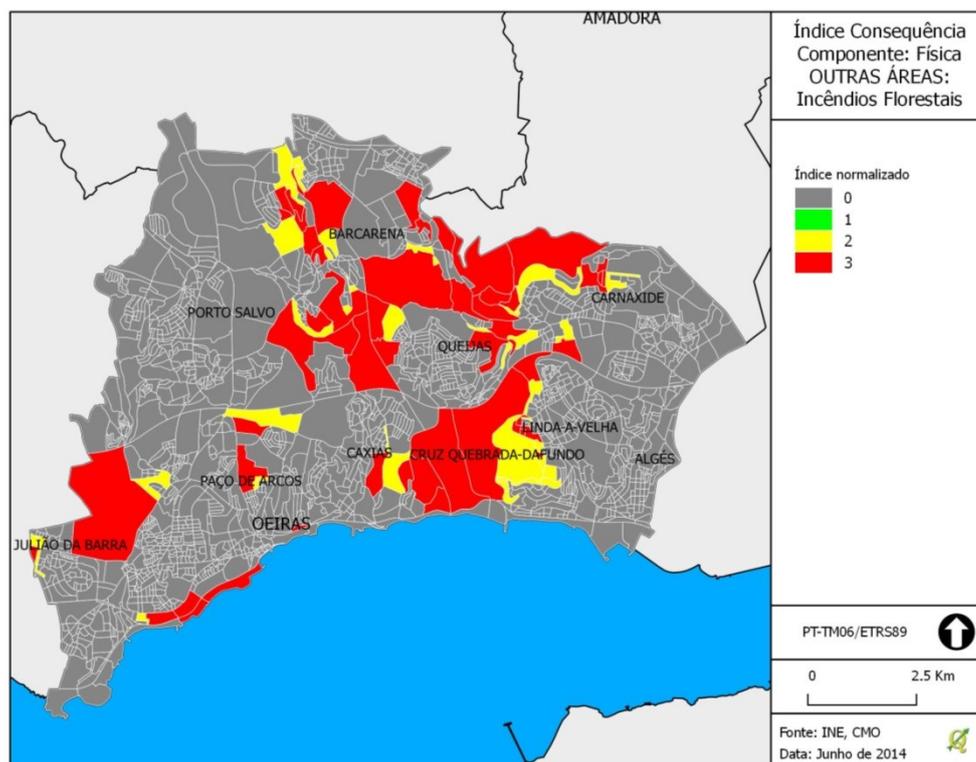


Figura 80 - Índice Consequência normalizado da componente física – outras áreas. para o perigo de incêndios florestais

A componente social da vulnerabilidade, conforme descrito na metodologia, integra quatro subcomponentes, relativas à idade e género, rendimento, nacionalidade e família. Para o cálculo da vulnerabilidade e índice consequência, a única fonte de dados utilizados foi a Base Geográfica de Referência de Informação dos Censos 2011. No entanto, como este tema

não integra dados relativos à nacionalidade dos residentes esta subcomponente não foi incluída no cálculo do índice. A Figura 81 representa o índice consequência da componente social da vulnerabilidade, para o concelho de Oeiras, normalizado entre 0 e 3.

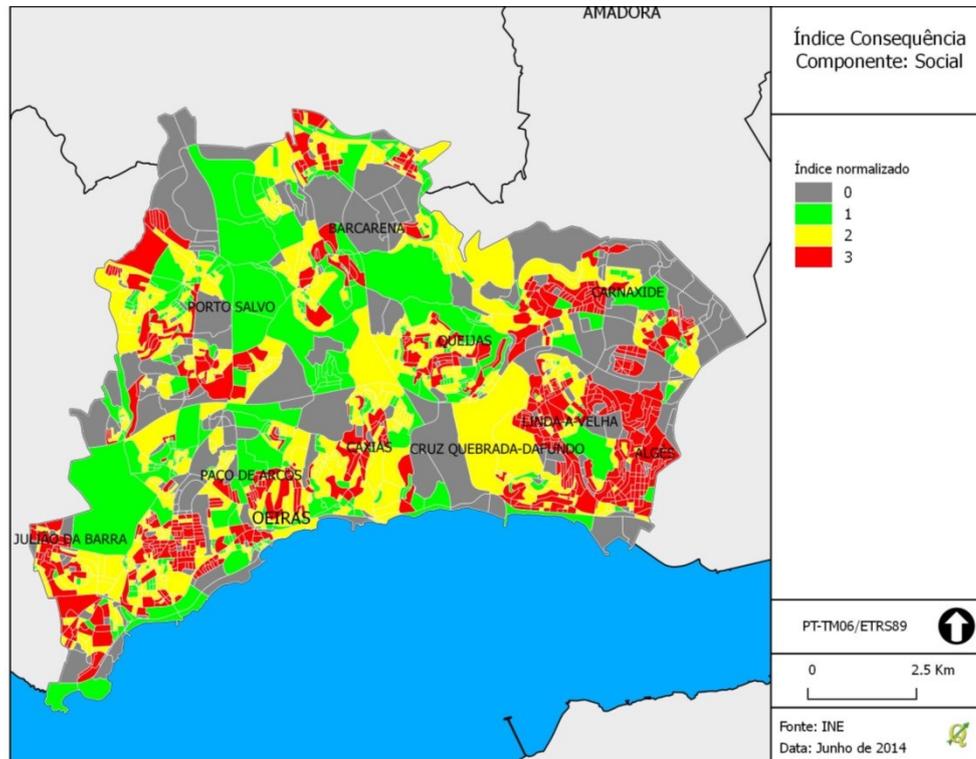


Figura 81 - Índice Consequência normalizado da componente social

A componente económica da vulnerabilidade baseou-se no tema de pontos correspondente ao levantamento dos estabelecimentos comerciais/serviços existente para o concelho de Oeiras. Com base neste tema foi possível calcular a vulnerabilidade e com base no Anuário Estatístico da Região Lisboa (INE, 2013) o índice consequência. A Figura 82 representa o índice consequência da componente económica da vulnerabilidade, para o concelho de Oeiras, normalizado entre 0 e 3.

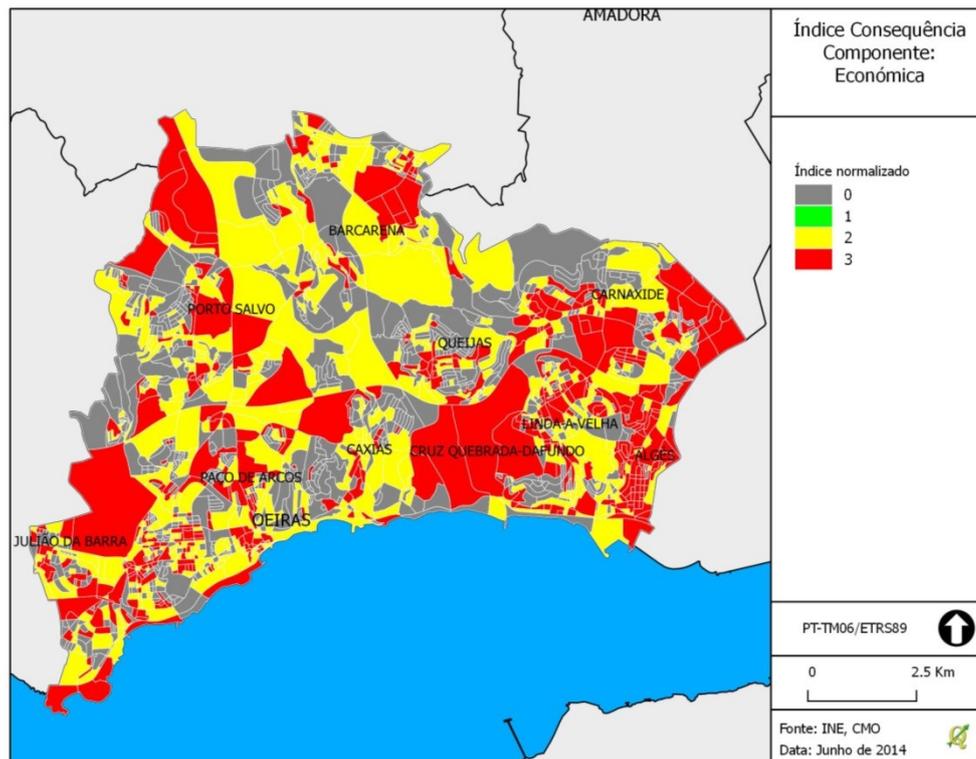


Figura 82 - Índice Consequência normalizado da componente económica

A componente ambiental da vulnerabilidade baseou-se nos temas da Rede Nacional de Áreas Protegidas e Rede Natura 2000 do Instituto da Conservação da Natureza e Florestas. Com base nestes temas foi possível calcular a vulnerabilidade e o índice consequência. O índice consequência para a componente ambiental da vulnerabilidade, revela a inexistência de qualquer área sensível do ponto de vista ambiental no concelho de Oeiras.

#### 6.4.4. Capacidade de resposta

O Quadro 34 sintetiza os temas utilizados no cálculo da capacidade resposta institucional para Oeiras. O tema “Pontos de Interesse” corresponde à localização dos bombeiros, forças de segurança, hospital com serviço de urgência, outros hospitais e centros de saúde, sapadores florestais, forças armadas, autoridades marítima e aeronáutica e serviços de proteção civil que permitiram em conjunto com os limites administrativos das freguesias (neste optou-se por utilizar os limites administrativos anteriores à Lei n.º 22/2012, de 30 de maio, que aprovou o regime jurídico da reorganização administrativa, devido à sua maior desagregação), permitiu apurar um valor ponderado de equipamentos críticos, estratégicos e vitais por freguesia. O correspondente à Figura 86, representa o número de equipamentos críticos, estratégicos e vitais existentes em cada freguesia.

Quadro 34 - Temas utilizados no cálculo da capacidade de resposta

Designação/Origem	Formato/Estrutura	Propriedade/Produtor	Escala	Data	Sist. Ref.
Eixos de via	Vectorial/Linhas	Município, S.A./Município, S.A.	1:10.000	2010	ETRS89/ PT-TM06
Pontos de Interesse	Vectorial/Pontos	Município, S.A./Município, S.A.	1:10.000	2010	ETRS89/ PT-TM06
Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP 2012.1)	Vectorial/Polígonos	IGP/IGP	1:25.000	2012	ETRS89/ PT-TM06

A segunda métrica desenvolvida na capacidade institucional diz respeito à acessibilidade. A acessibilidade foi calculada num primeiro cenário a partir dos quartéis de bombeiros e num segundo cenário foi calculada a distância-tempo para o Hospital S. Francisco de Xavier (Figura 83 e Figura 84). Os valores de distância-tempo obtidos nos dois cenários foram posteriormente agregados à subsecção estatística, conforme se pode observar na Figura 85.

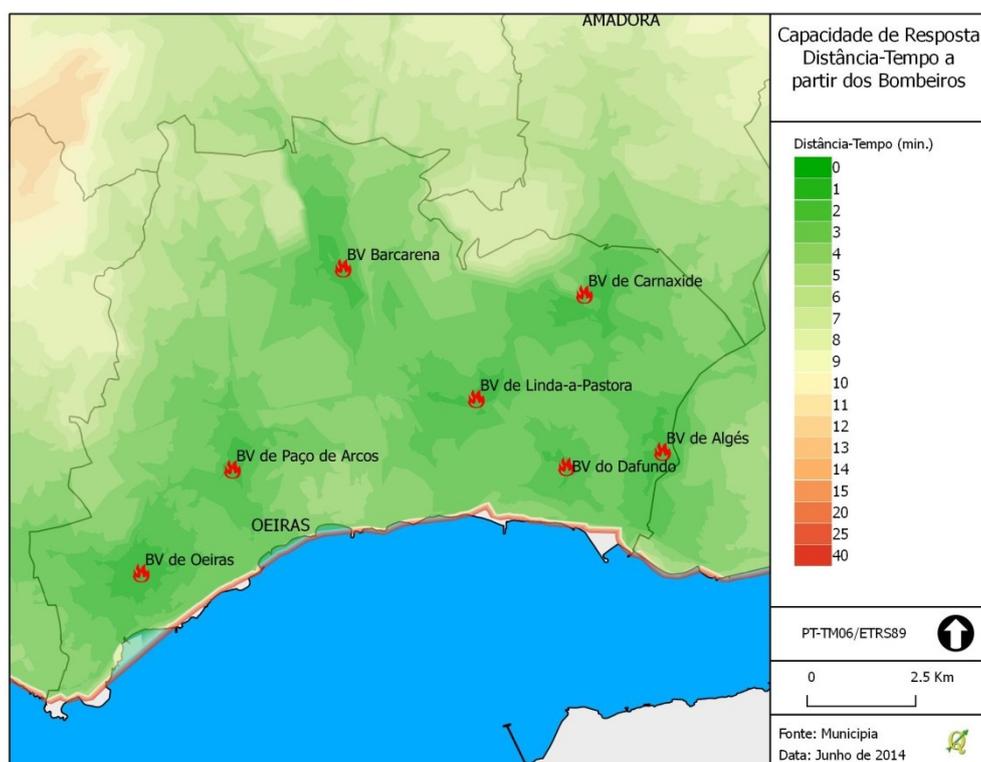


Figura 83 – Distância-tempo a partir dos bombeiros

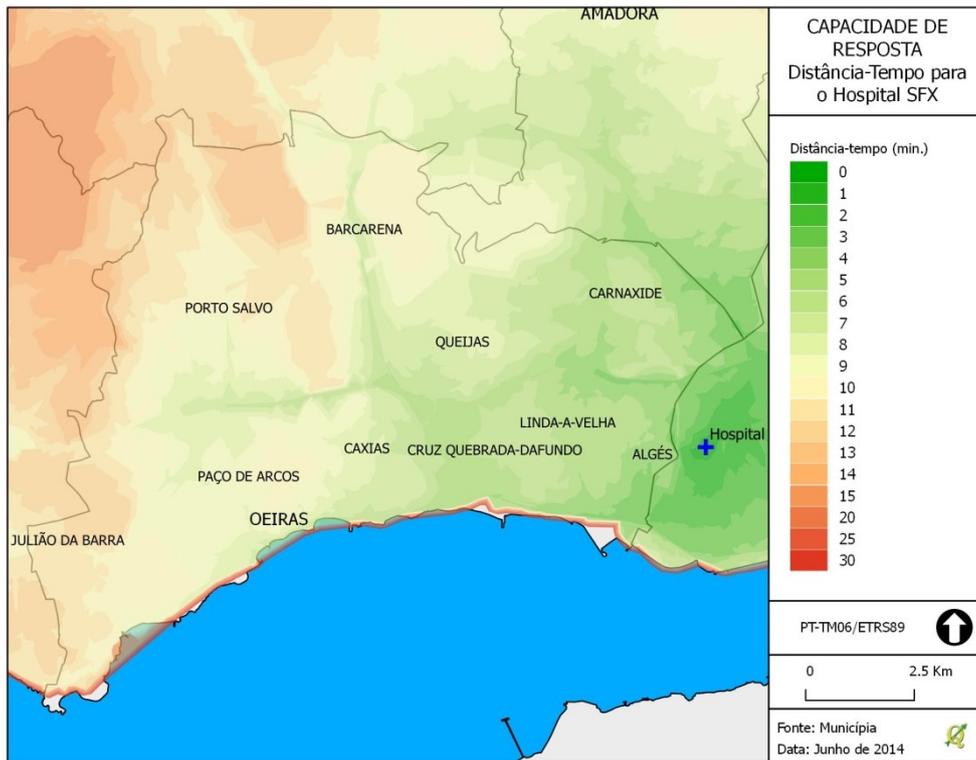


Figura 84 – Distância-tempo para o Hospital de S. Francisco de Xavier

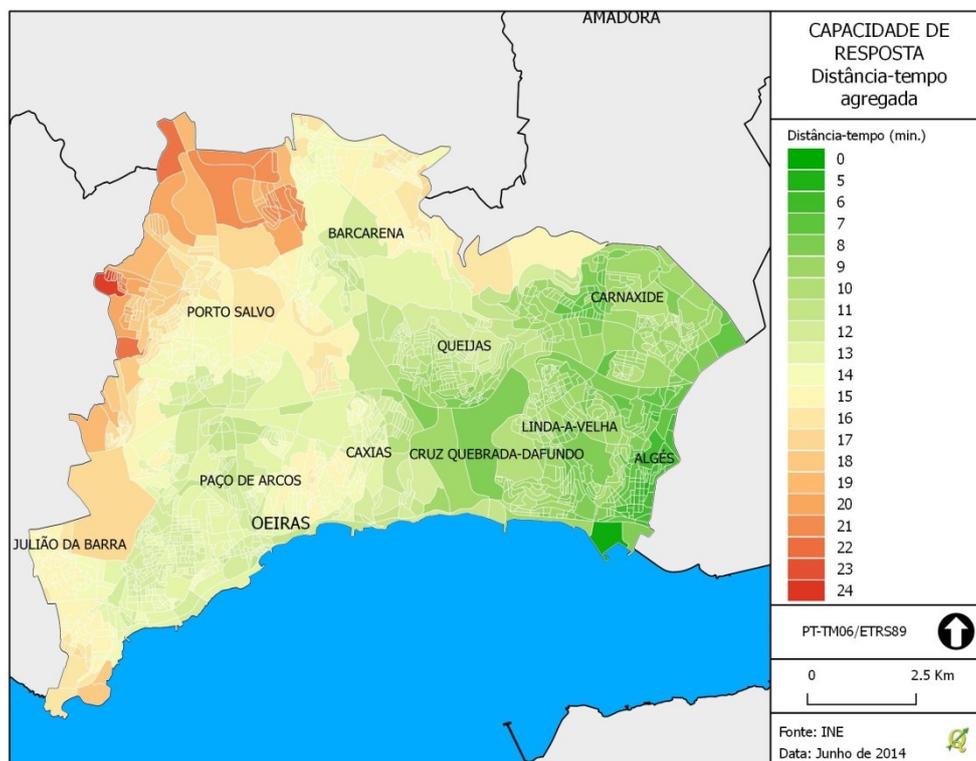


Figura 85 – Distância-tempo agregada à subsecção estatística

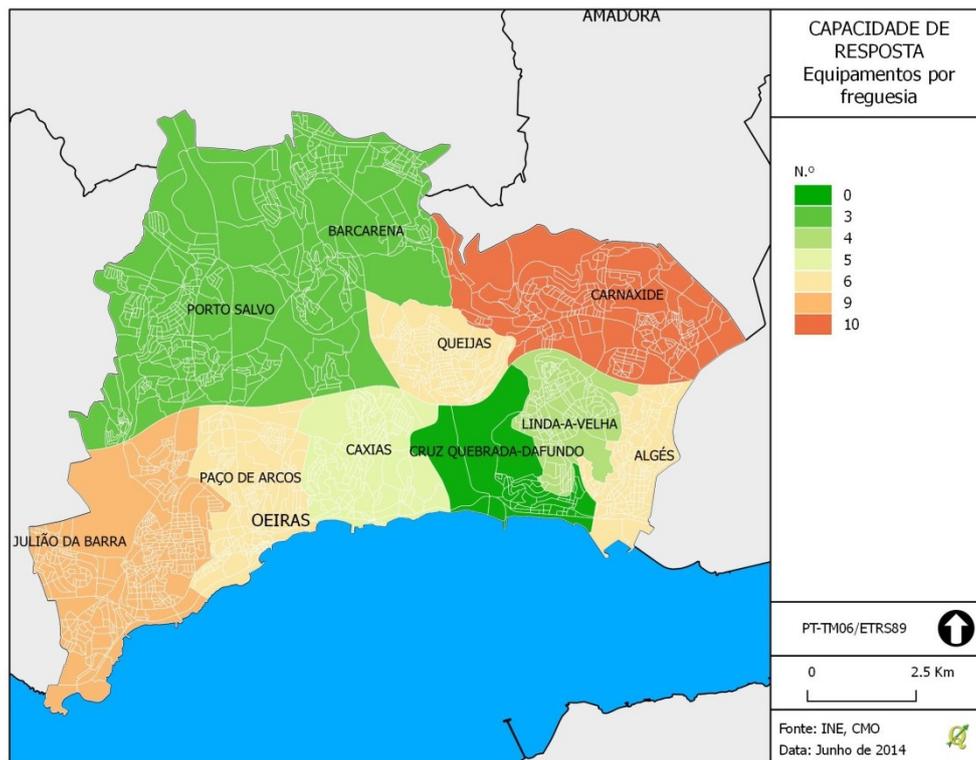


Figura 86 – Número de equipamentos críticos, estratégicos e vitais na freguesia representado à subsecção estatística

O cálculo das distâncias-tempo (por nó) e das isócronas (polígonos resultantes da interpolação dos nós) foi realizado com recurso ao *software* de sistemas de informação geográfica Quantum GIS e à livreria pgRouting. A topologia de rede foi gerada a partir do tema `elementosexpostos.linhas_viascomunicacao` com recurso à seguinte sintaxe:

```
select pgr_createTopology('elementosexpostos.linhas_viascomunicacao', 0.0005, 'geom', 'id');
```

Para criar a vista com os nós da rede, utilizou-se a seguinte sintaxe:

```
create or replace view elementosexpostos.linhas_viascomunicacao_nodos as
select id, st_centroid(st_collect(pt)) as geom
from (
    (select source as id, st_startpoint(geom) as pt
    from elementosexpostos.linhas_viascomunicacao
    )
union
    (select target as id, st_endpoint(geom) as pt
    from elementosexpostos.linhas_viascomunicacao
    )
) as foo
group by id;
```

Para calcular as distâncias-tempo para cada nó utilizou-se uma velocidade máxima permitida para cada troço da rede, disponível no campo `V_M`, de acordo com a sintaxe seguinte:

```
alter table elementosexpostos.linhas_viascomunicacao add column comprimento integer;
update elementosexpostos.linhas_viascomunicacao set comprimento = st_length(st_transform(geom,3038));
```

```
alter table elementosexpostos.linhas_viascomunicacao add column minutes double precision;  
update network.publictransport set minutes = comprimento / V_MX * 60;
```

Para visualizar as isócronas é ainda necessário, com recurso ao `pgr_drivingdistance`, aplicar para os nós necessários (este exemplo é para ao nó 99) a seguinte sintaxe:

```
create or replace view elementosexpostos.temp as  
SELECT seq, id1 AS node, id2 AS edge, cost, geom  
FROM pgr_drivingdistance(  
  'SELECT id, source, target, minutes as cost FROM elementosexpostos.linhas_viascomunicacao',  
  99, 100000, false, false  
) as di  
JOIN elementosexpostos.linhas_viascomunicacao_nodes  
ON di.id1 = pt.id;
```

## 6.5. ANÁLISE COMPARATIVA DE CENÁRIOS

Não obstante os cenários a desenvolver serem do tipo exploratórios e tendo como referência o presente, para efeitos da definição dos danos se aproximar o mais possível de situações danosas reais, e em particular para a avaliação de risco semiquantitativa, serão utilizadas como contexto para a definição da localização da pretensão três situações reais. Estas situações não serão as mais gravosas associadas aos respetivos processos de perigosidade, mas encontram-se bem documentadas e por esse motivo terem sido adotadas na contextualização dos cenários. Paralelamente, os cenários desenvolvidos procuram explorar as possibilidades oferecidas pelo sistema através das várias componentes. Os cenários referentes às alterações climáticas, apesar de previstos na implementação do sistema, não serão aplicados uma vez que não existem dados que os suportem.

Considerando as fases associadas ao processo de análise desenvolvido no sistema de apoio à decisão espacial serão definidos dois cenários base, apresentando-se em cada um deles os *inputs* adotados, os resultados das componentes de análise do sistema e os resultados da análise de risco quantitativa e semiquantitativa.

### 6.5.1. Cenários associados à tempestade de 8 de janeiro de 1996

Para a análise de consequências subjacente à análise de risco utilizou-se como referência a situação meteorológica adversa correspondente a um fenómeno de precipitação intensa ocorrido no dia 8 de janeiro de 1996. De acordo com o relatório “Intempéries em Revisão” da Câmara Municipal de Oeiras, datado de junho de 1996, foi estimado um montante dos prejuízos num valor de 512469 contos (aproximadamente 2562345 Euros), sendo possível identificar os seguintes danos:

- Várias estradas e arruamentos municipais, incluindo passeios afetados;
- Diversos abrigos dos transportes públicos destruídos ou danificados;
- Jardins públicos danificados e quedas de árvores, algumas de grande porte;
- Piscina Oceânica de Oeiras afetada pelo violento temporal e forte ondulação de sudoeste;

- Troços de ribeiras destruídas ou danificadas;
- Redes de esgotos pluviais e domésticos afetados em diversos locais;
- Destruição de barracas de 18 famílias, em vários núcleos, sendo 13 no Alto da Loba (Paço de Arcos), o que obrigou o imediato alojamento provisório de 42 pessoas;
- Danos significativos em barracas de mais de 20 pessoas;
- Estragos por motivos diversos (inundações, derrocadas e enxurradas) em habitações particulares;
- Danos significativos em fogos municipais motivados por entupimentos, inundações e danos nas coberturas.

### 6.5.1.1. Cenário base

O desenvolvimento deste cenário assume as cheias associadas à tempestade de 8 de janeiro de 1996 como contexto de análise de uma pretensão hipotética. O processo de análise inicia-se com a definição dos *inputs*, designadamente os pesos da análise multicritério, tendo-se neste cenário exploratório optado pela adoção dos pesos definidos por defeito no sistema, quer para a avaliação de risco qualitativa, quer para a avaliação de risco semiquantitativa (Figura 87).

12.5%

Análise Multicritério - AMC.

Step 2a|7 do cenário 96

2a.1 Ponderações do modelo de avaliação qualitativo

As ponderações da abordagem qualitativa baseia-se na metodologia de análise proposta por Saunders (2013) onde se avalia a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências (C) ao nível da saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG (S = seriousness, M = manageability e G = growth). Vítimas 50%, Edificado 25%, Economia 15% e Ambiente 10%, podendo-se em cada cenário adaptar as ponderações do modelo.

Consequência	Peso(%)
Vítimas	50
Edificado	25
Economia	15
Ambiente	10
TOTAL	100

2a.2 Ponderações do modelo de avaliação semiquantitativo

O modelo conceptual do risco adotado na aplicação RiskOTe define-se como resultado da Perigosidade x Vulnerabilidade. Na aplicação RiskOTe, a vulnerabilidade é composta pelas componentes de vulnerabilidade física/demográfica, vulnerabilidade social, vulnerabilidade económica e vulnerabilidade ambiental. Estas componentes são calculadas com recurso a diferentes indicadores adaptados de várias referências. Para as quatro componentes da vulnerabilidade os pesos relativos iniciais foram obtidos a partir do método MACBETH, podendo por opção adaptar os pesos relativos de 0 a 100% em cada cenário:

Índice Consequência	Indicador(es)	Referência	Peso (%)
Física	C1: 1. População	Menoni et al (2006)	50
	C1: 2. Edificado	Müller, A., Reiter, J., and Weiland, U. (2011) Caballero, Beltrán e Velasco (2007) Castellano-Albera, S.A. (2008)	
	C1: 3. Infraestruturas	Dall'Osso, F. and Dornthey-Howes, D. (2006) Govinazzi, S. and Lagomarsino, S. (2003)	
	C1: 4. Outros		
Social	C2: Idade e género, Rendimento, Nacionalidade, Família	(Westen et al (2011) Flanagan et al (2011))	15
Económica	C3: Economia	De León (2006)	5
Ambiental	C4: Ambiente	Sebald (2010)	10

Figura 87 - Pesos adotados no cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe

A localização da pretensão associada ao cenário foi definida no Jardim Municipal de Oeiras (Figura 88).

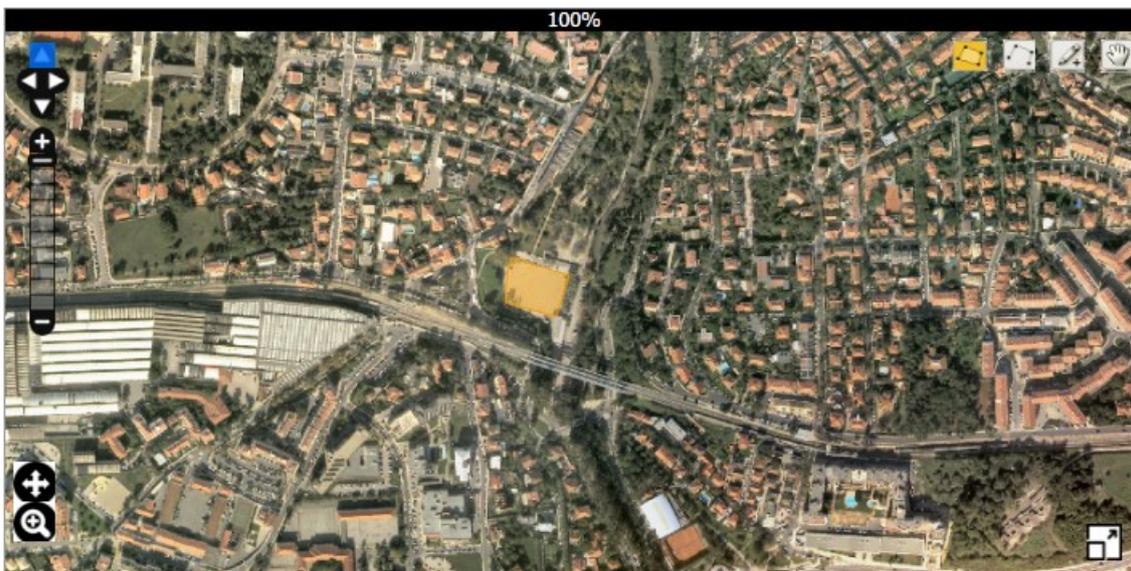


Figura 88 – Limite da pretensão associada ao cenário (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe

Relativamente à probabilidade e danos associados à avaliação qualitativa, foram apenas definidos para as cheias/inundações e tiveram como base o contexto descrito anteriormente para a tempestade de dia 8 de janeiro de 1996 (Figura 89).

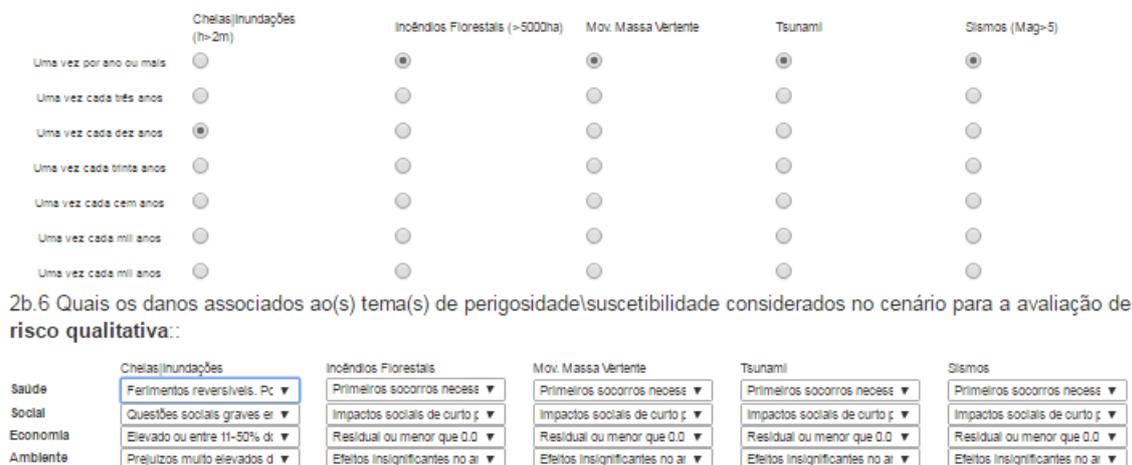


Figura 89 – Probabilidade e danos definidos no cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTe

Relativamente às componentes de análise do sistema, importa destacar o resultado relativo ao índice de suscetibilidade/perigosidade e que neste cenário teve um valor de 3.0. Relativamente ao índice consequência das cheias o valor obtido foi de 1.26. Apesar de constituir um índice baixo, o valor calculado está associado à dimensão da subsecção estatística e não ao local do polígono da pretensão que como se pode observar na análise dos elementos expostos, onde se verifica a sua inexistência (Figura 90).

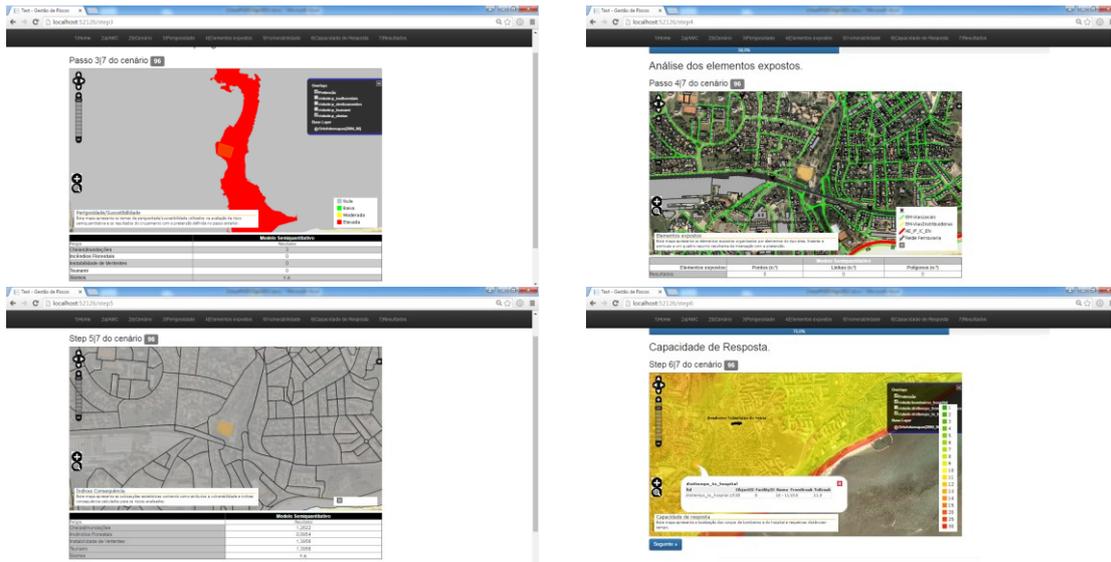


Figura 90 – Componentes de análise do sistema e da análise visual (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTE

Os resultados da análise qualitativa e semiquantitativa de risco podem ser observados no último passo da elaboração do cenário. Neste caso, a avaliação de risco qualitativa resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. A avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Moderado”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “as condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas medidas de mitigação”. Apesar do índice de suscetibilidade/perigosidade assumir um valor elevado, o índice consequência apresenta um valor reduzido o que explica o resultado da avaliação de risco semiquantitativa. Por outro lado, importa referir para este cenário a coerência entre a avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa (Figura 91).

Test - Gestão de Riscos x

localhost:52126/step8

1|Home 2|AMC 2b|Cenário 3|Perigosidade 4|Elementos expostos 5|Vulnerabilidade 6|Capacidade de Resposta 7|Resultados

100.0%

Resultados.

Step 7|7 do cenário 96

7.1. Este quadro contém os resultados para o cenário atual:

Cenário calculado	Modelo Qualitativo	ORIENTAÇÃO PARA O OT	Cenário calculado	Modelo Semiquantitativo	ORIENTAÇÃO PARA O OT
Perigos	RISCO		Perigos	RISCO	
Cheias/Inundações	Tolerável com restrições	A transformação do uso do solo deverá ser sujeita a Restrições	Cheias/Inundações	Moderado	As condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas as medidas de mitigação
Incêndios Florestais	Tolerável	A transformação do uso do solo deverá ser sujeita a Controlos	Incêndios Florestais	Nulo	Sem restrições à transformação do solo
Instabilidade de Vertentes	Tolerável	A transformação do uso do solo deverá ser sujeita a Controlos	Instabilidade de Vertentes	Nulo	Sem restrições à transformação do solo
Tsunamis	Tolerável	A transformação do uso do solo deverá ser sujeita a Controlos	Tsunamis	Nulo	Sem restrições à transformação do solo
Sismos	Tolerável	A transformação do uso do solo deverá ser sujeita a Controlos	Sismos	-	-

7.2. Escolha o cenário 1 para comparação com o cenário calculado.

Cenário comparado	Modelo Qualitativo
Cenário comparado	Modelo Semiquantitativo

© 2016 - Nelson Mileu | IGOT-UL

Figura 91 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTE

### 6.5.1.1. Cenário base com redefinição das ponderações

O desenvolvimento deste cenário, baseado no contexto do cenário base, procura explorar a possibilidade oferecida pelo sistema para os pesos da análise multicritério serem redefinidos. Para os pesos associados à avaliação de risco qualitativa, optou-se por aumentar o peso dado à componente do edificado (50%) e diminuir o peso da componente das vítimas (25%). Para os pesos da avaliação de risco semiquantitativa, optou-se por aumentar o peso dado à componente social (25%) e económica (25%) em detrimento da componente ambiental (Figura 92).



Figura 92 – Redefinição dos pesos adotados no cenário (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTE

Relativamente à localização da pretensão, manteve-se o limite do cenário base. Sobre as componentes de análise do sistema, manteve-se um valor de 3.0 relativo ao índice de suscetibilidade/perigosidade, tendo aumentado em consequência da redefinição das ponderações o índice consequência das cheias para um valor de 1.95 (Figura 93).

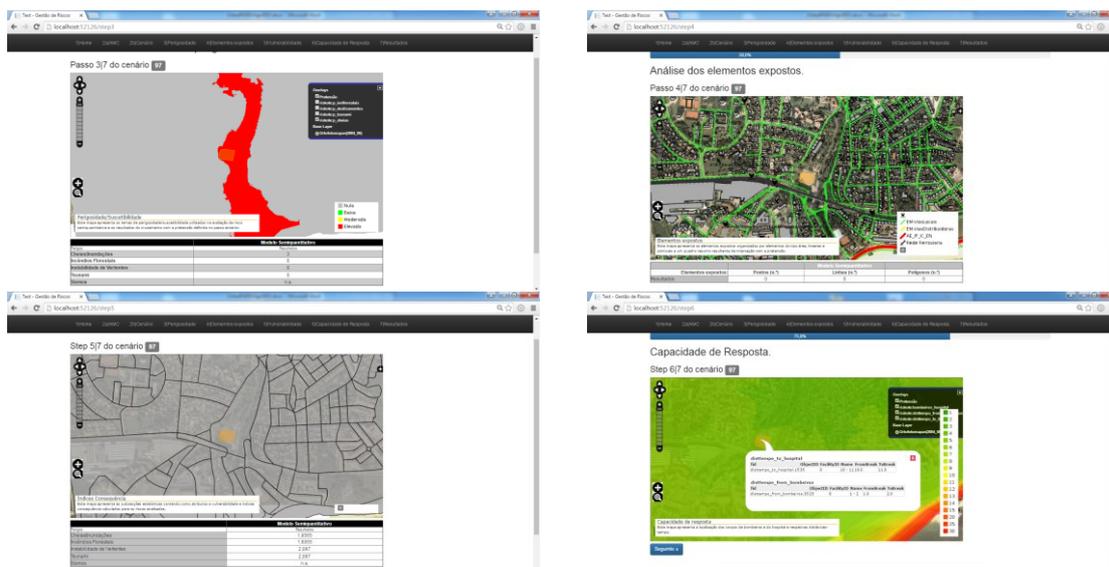


Figura 93 – Componentes de análise do sistema e da análise visual após redefinição das ponderações (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTE

Após a redefinição dos pesos da análise multicritério, a avaliação de risco qualitativa resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. Já a avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Moderado”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “as condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas medidas de mitigação”. Estes resultados permitem verificar que as alterações das ponderações tiveram pouca influência nos resultados finais e também que o modelo de transformação do uso do solo adotado no sistema é pouco restritivo (Figura 94).

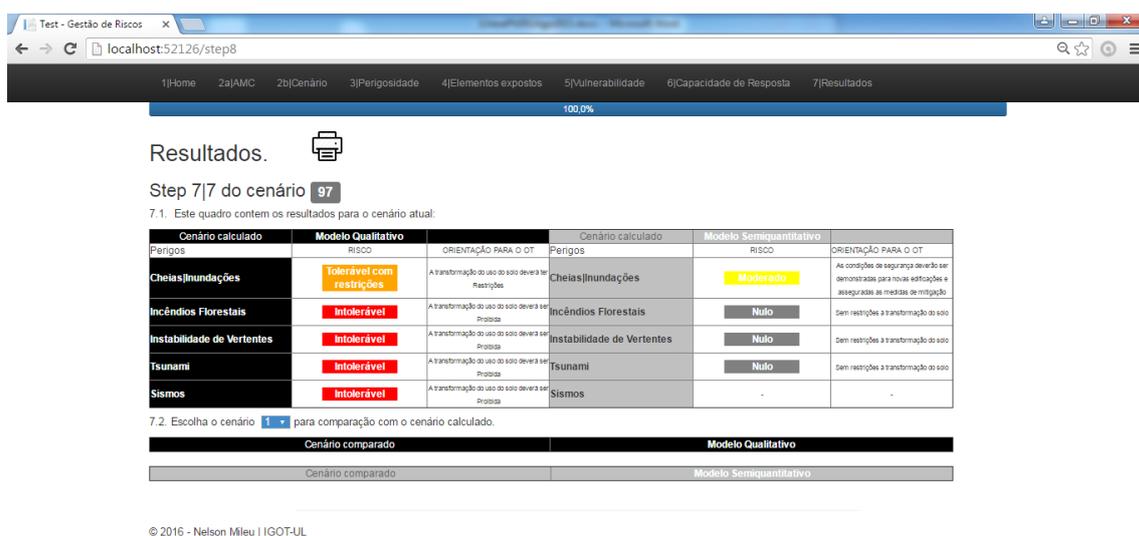


Figura 94 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base após redefinição das ponderações (tempestade de 8 de janeiro de 1996) – Fonte: RiskOTE

### 6.5.2. Cenários associados à tempestade de 2 de novembro de 1997

Para esta análise de risco utilizou-se como referência as consequências associadas à situação meteorológica adversa correspondente a um fenómeno de precipitação intensa ocorrido no dia 2 de novembro de 1997. De acordo com o relatório “Intempéries: de 2 de novembro de 1997” da Câmara Municipal de Oeiras, datado de novembro de 1997, foi estimado um montante dos prejuízos diretos num valor de 797655 contos (aproximadamente 3988275 Euros), sendo possível identificar os seguintes danos, com particular incidência nas freguesias de Algés e Cruz Quebrada/Dafundo:

- Redes de esgotos pluviais e domésticos, em construções e arruamentos;
- Drenagens de superfície e de ribeiras;
- Pavimentações de arruamentos e acessos;
- Desmoronamento de taludes;
- Partes de edifícios;
- Inundação e lamas em arruamentos e edifícios;
- Destruição total de alojamentos (36) precários e haveres;
- Inundações e/ou destruição de haveres em 116 caves de edifícios de propriedade privada, localizadas em zonas sistematicamente atingidas por cheias;

- Inundações e apresentação de ruína de elementos construtivos, em edifícios particulares
- Mais de 100 estabelecimentos com prejuízos na construção, equipamentos ou materiais/mercadorias, com particular incidência na baixa de Algés.

### 6.5.2.1. Cenário base

O desenvolvimento deste cenário assume as cheias associadas à tempestade de 2 de novembro de 1997 como contexto de análise de uma pretensão hipotética. O processo de análise inicia-se com a definição dos *inputs*, designadamente os pesos da análise multicritério, tendo-se neste cenário exploratório optado pela adoção dos pesos definidos por defeito no sistema, quer para a avaliação de risco qualitativa, quer para a avaliação de risco semiquantitativa (Figura 95).

**Análise Multicritério - AMC.**

Step 2a|7 do cenário **98**

2a.1 Ponderações do modelo de avaliação **qualitativo**

As ponderações da abordagem qualitativa baseia-se na metodologia de análise proposta por Saunders (2013) onde se avalia a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências (C) ao nível da saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG (S = *seriousness*, M = *manageability* e G = *growth*): Vítimas 50%, Edificado 25%, Economia 15% e Ambiente 10%, podendo-se em cada cenário adaptar as ponderações do modelo.

Consequência	Peso(%)
Vítimas	50
Edificado	25
Economia	15
Ambiente	10
TOTAL	100

2a.2 Ponderações do modelo de avaliação **semiquantitativo**

O modelo conceptual do risco adotado na aplicação RiskOTe define-se como resultado da Perigosidade x Vulnerabilidade. Na aplicação RiskOTe, a vulnerabilidade é composta pelas componentes de vulnerabilidade física/demográfica, vulnerabilidade social, vulnerabilidade económica e vulnerabilidade ambiental. Estas componentes são calculadas com recurso a diferentes indicadores adaptados de várias referências. Para as quatro componentes da vulnerabilidade os pesos relativos iniciais foram obtidos a partir do método MACBETH, podendo por opção adaptar os pesos relativos de 0 a 100% em cada cenário:

Indice/Consequência	Indicador(es)	Referência	Peso (%)
1/Física	IC1.1: População IC1.2: Edificado IC1.3: Infraestruturas IC1.4: Outros	Menoni et al (2006) Müller, A., Reiter, J., and Weiland, U. (2011) Caballero, Beltrán e Velasco (2007) Castellanos Abella, E.A. (2003) Dall'Ossa, F. and Dornthey-Howes, D. (2008) Giovanniacci, S. and Lagomarsino, S. (2003)	46
2/Social	IC2: Idade e género, Rendimento, Nacionalidade, Família	Masten et al (2011) Plantagan et al (2011)	15
3/Económica	IC3: Economia	De León (2006)	5
4/Ambiental	IC4: Ambiente	Sebató (2010)	31
	TOTAL		100

Figura 95 - Pesos adotados no cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

A localização da pretensão associada ao cenário foi definida em Miraflores entre a Rua Afonso Emílio Praça, o IC 15, o IC 17 e a Rua da Quinta das Romeiras (Figura 96).



Figura 96 – Limite da pretensão associada ao cenário (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTE

Relativamente à probabilidade e danos associados à avaliação qualitativa, foram apenas definidos para as cheias/inundações e tiveram como base o contexto descrito anteriormente para a tempestade de dia 2 de novembro de 1997 (Figura 97).

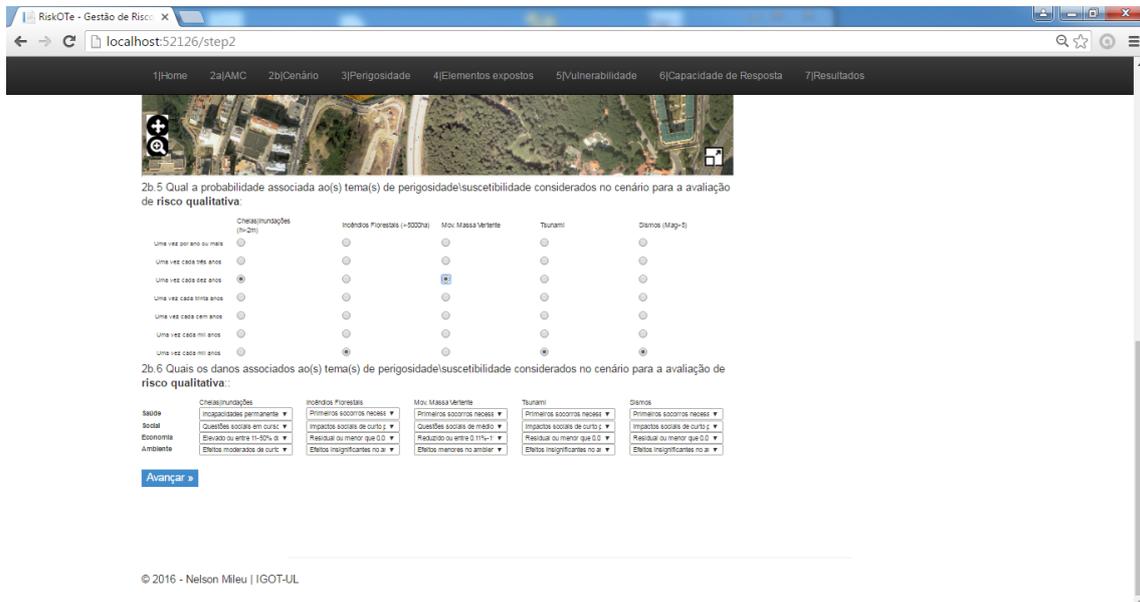


Figura 97 – Probabilidade e danos definidos no cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTE

Relativamente às componentes de análise do sistema, destaca-se o resultado relativo ao índice de suscetibilidade/perigosidade e que neste cenário teve um valor de 1.12. Este valor baixo do índice de suscetibilidade/perigosidade deve-se ao facto de uma área elevada da pretensão estar fora da área perigosa. Relativamente ao índice consequência das cheias, o valor obtido foi de 0.41. Este valor baixo para o índice consequência poderá estar associado facto desta

pretensão corresponder a uma localização onde está implantando um edifício de escritórios e onde não existe população residente (Figura 98).

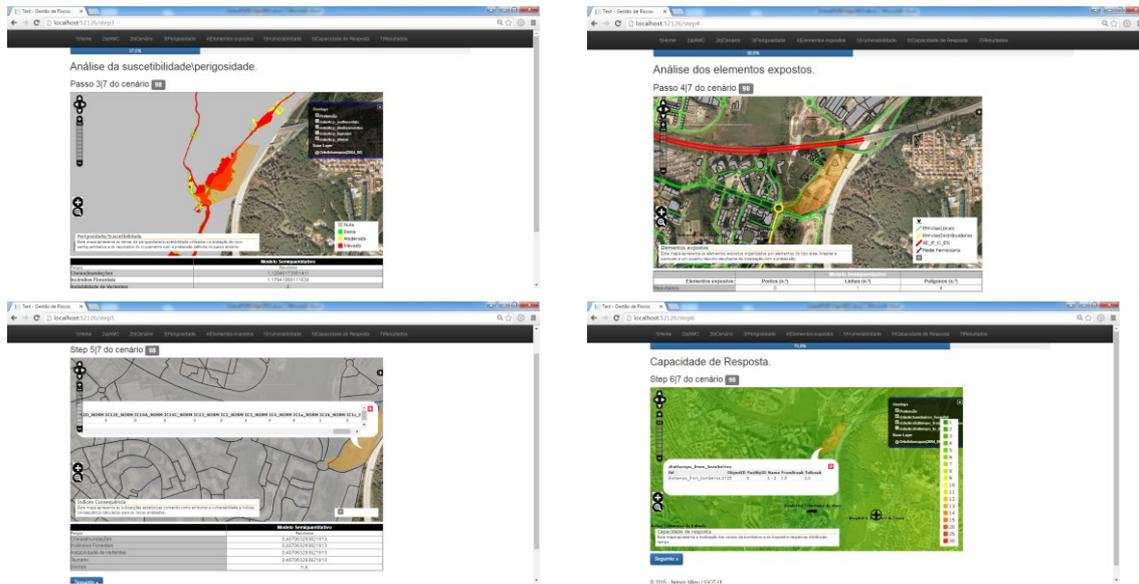


Figura 98 – Componentes de análise do sistema e da análise visual (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

Para este cenário, a avaliação de risco qualitativa resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. A avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Baixo”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “A construção é autorizada. Os proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas de minimização do risco”. O facto do limite da pretensão intersectar as classes de perigosidade mais elevada, mas intersectar simultaneamente uma extensa área onde o perigo é inexistente reflete-se no baixo valor do índice. Paralelamente o resultado do índice consequência sugere algumas limitações associadas à utilização das subsecções estatísticas. Por outro lado, importa referir para este cenário a incoerência entre a avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa (Figura 99).

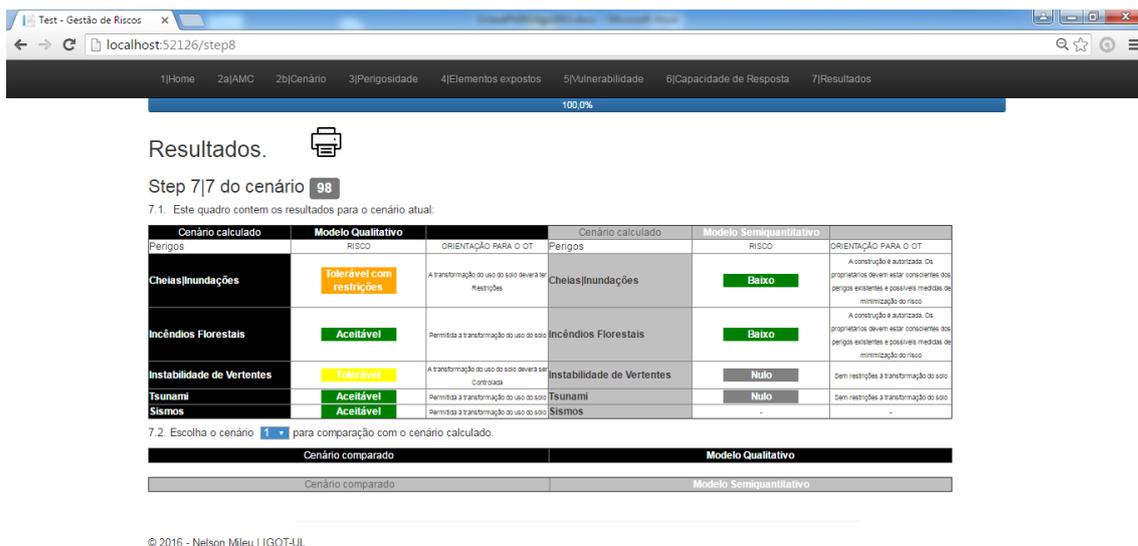


Figura 99 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

### 6.5.2.2. Cenário base com realocização da pretensão

O desenvolvimento deste cenário, baseado no contexto do cenário base, procura explorar a possibilidade oferecida pelo sistema para analisar diferentes localizações para as pretensões. Devido a pretender-se uma análise, alterando apenas a localização da pretensão, adotaram-se os pesos da análise multicritério definidos no cenário base, ou seja, os valores sugeridos por defeito. Relativamente à localização da nova pretensão foi definida em Algés entre a Avenida dos Bombeiros Voluntários e o IC 17 (Figura 100).



Figura 100 – Limite da pretensão associada ao cenário realocizado (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

Relativamente às componentes de análise do sistema, o índice de suscetibilidade/perigosidade neste cenário resultou num valor de 1.29, aumentando comparativamente à pretensão anterior. Também nesta localização o valor do índice de suscetibilidade/perigosidade reflete uma área elevada da pretensão fora da área perigosa. Relativamente ao índice consequência das cheias, o valor obtido foi de 1.03, aumentando também quando comparado com a pretensão do cenário anterior (Figura 101).

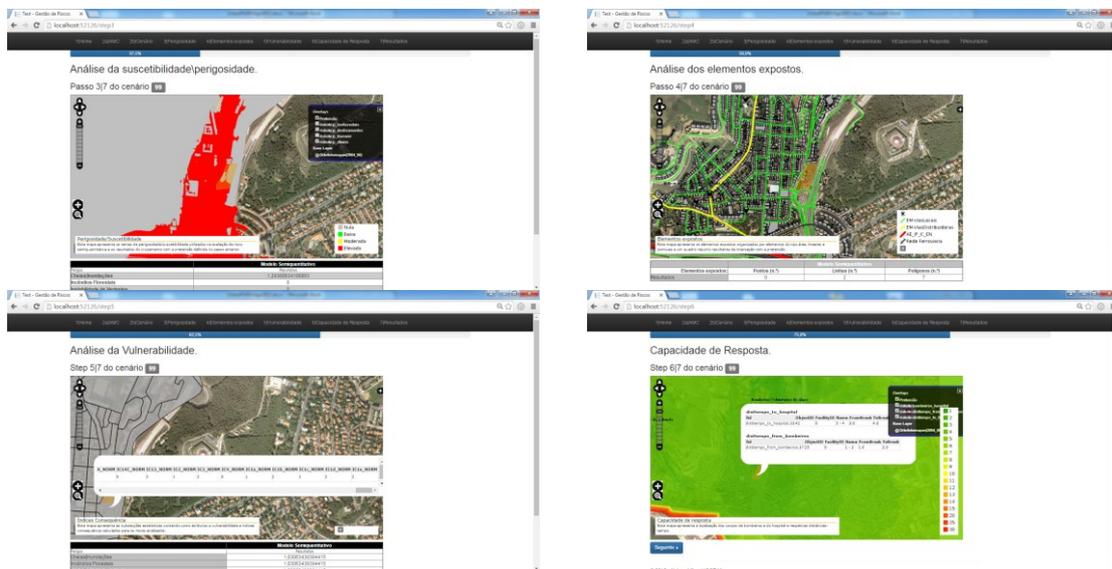


Figura 101 – Componentes de análise do sistema e da análise visual associada à realocização do cenário (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

A avaliação de risco qualitativa associada à realocização da pretensão resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. A avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Baixo”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “A construção é autorizada. Os proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas de minimização do risco”. Apesar da realocização da pretensão resultar num aumento do índice de perigosidade/suscetibilidade e do índice consequência verifica-se que a avaliação de risco não se alterou, podendo-se sugerir que o modelo de transformação do uso do solo adotado no sistema é pouco restritivo (Figura 102).

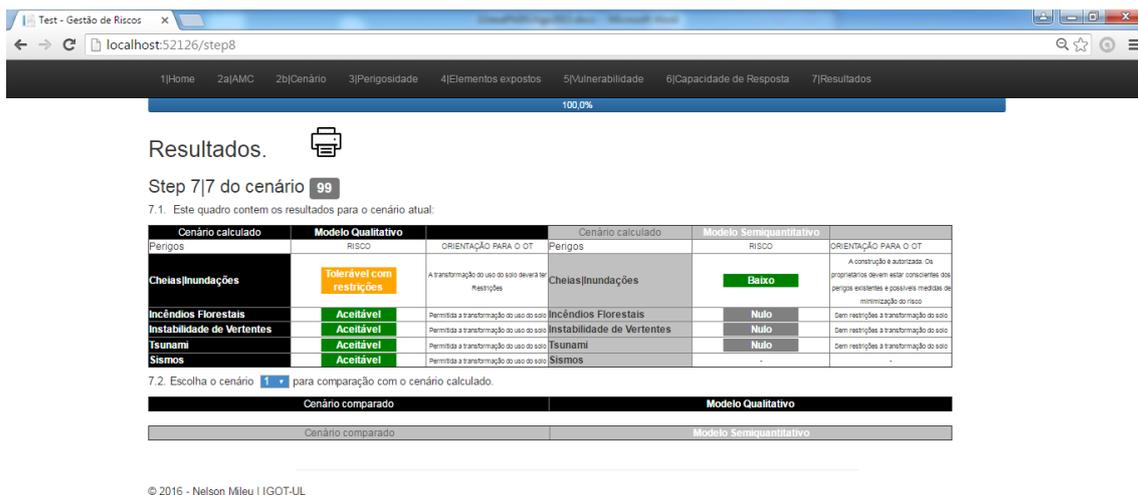


Figura 102 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base com realocização da pretensão (tempestade de 2 de novembro de 1997) – Fonte: RiskOTe

### 6.5.3. Cenários associados ao incêndio em matos de 6 de agosto de 2014

Esta análise baseou-se na ocorrência registada no dia 6 de agosto de 2014, na Quinta das Estrangeiras, freguesia de Porto Salvo, correspondente a um incêndio em matos. Segundo a informação disponibilizada no sítio da Autoridade Nacional da Proteção Civil, estiveram envolvidos no combate ao incêndio 89 operacionais com recurso a 27 veículos, sendo a área ardida superior a 10 ha.

#### 6.5.3.1. Cenário base

O desenvolvimento deste cenário assume o incêndio em matos de 6 de agosto de 2014 como contexto de análise de uma pretensão hipotética. O processo de análise inicia-se com a definição dos *inputs*, designadamente os pesos da análise multicritério, tendo-se neste cenário exploratório optado pela adoção dos pesos definidos por defeito no sistema, quer para a avaliação de risco qualitativa, quer para a avaliação de risco semiquantitativa (Figura 103).

Test - Gestão de Riscos x localhost:52126/step7

1|Home 2a|AMC 2b|Cenário 3|Perigosidade 4|Elementos expostos 5|Vulnerabilidade 6|Capacidade de Resposta 7|Resultados

### Análise Multicritério - AMC.

#### Step 2a|7 do cenário 100

##### 2a.1 Ponderações do modelo de avaliação qualitativo

As ponderações da abordagem qualitativa baseia-se na metodologia de análise proposta por Saunders (2013) onde se avalia a aceitabilidade, tolerabilidade e intolerabilidade do risco com base nas consequências (C) ao nível da saúde (vítimas), sociais (edificado), económicas e ambientais recorrendo ao modelo SMG (S = *seriousness*, M = *manageability* e G = *growth*). Vítimas 50%, Edificado 25%, Economia 15% e Ambiente 10%, podendo-se em cada cenário adaptar as ponderações do modelo.

Consequência	Peso(%)
Vítimas	50
Edificado	25
Economia	15
Ambiente	10
TOTAL	100

##### 2a.2 Ponderações do modelo de avaliação semiquantitativo

O modelo conceptual do risco adotado na aplicação RiskOTe define-se como resultado da Perigosidade x Vulnerabilidade. Na aplicação RiskOTe, a vulnerabilidade é composta pelas componentes de vulnerabilidade física/demográfica, vulnerabilidade social, vulnerabilidade económica e vulnerabilidade ambiental. Estas componentes são calculadas com recurso a diferentes indicadores adaptados de várias referências. Para as quatro componentes da vulnerabilidade os pesos relativos iniciais foram obtidos a partir do método MACBETH, podendo por opção adaptar os pesos relativos de 0 a 100% em cada cenário:

Índice Consequência	Indicadores	Referência	Peso (%)
1 Física	IC1.1: População IC1.2: Edificado IC1.3: Infraestruturas IC1.4: Outros	Menonzi et al (2006) Müller, A., Reiter, J., and Weiland, U. (2011) Castellers, Batsán e Melasco (2007) Castellanos Abella, E. A. (2008) Dal'Osso, F. and Donnay-Hovav, D. (2006) Giovannazzi, S. and Lagomarsino, S. (2003)	66
2 Social	IC2: Idade e género, Rendimento, Nacionalidade, Família	Mésten et al (2011) Farragán et al (2011)	13
3 Económica	IC3: Economia	De León (2009)	8
4 Ambiental	IC4: Ambiente	Bebadé (2010)	21
		TOTAL	100

Figura 103 - Pesos adotados no cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe

A localização da pretensão associada ao cenário foi definida na freguesia de Porto Salvo na proximidade da Quinta das Estrangeiras (Figura 104).



Figura 104 – Limite da pretensão associada ao cenário (Incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTe

A probabilidade associada à avaliação de risco qualitativa foi definida como “uma vez em cada três anos”. Relativamente aos danos tiveram como base o contexto descrito anteriormente para a ocorrência de dia 6 de agosto de 2014 (Figura 105).

2b.6 Quais os danos associados ao(s) tema(s) de perigosidade\suscetibilidade considerados no cenário para a avaliação de risco qualitativa:

	Chelias\Inundações	Incêndios Florestais	Mov. Massa Vertente	Tsunami	Sismos
Saúde	Primeiros socorros neces	Ferimentos reversíveis. P	Primeiros socorros neces	Primeiros socorros neces	Primeiros socorros neces
Social	Impactos sociais de curto g	Questões sociais de médio	Impactos sociais de curto g	Impactos sociais de curto g	Impactos sociais de curto g
Economia	Residual ou menor que 0.0	Moderado ou entre 1.1-10%	Residual ou menor que 0.0	Residual ou menor que 0.0	Residual ou menor que 0.0
Ambiente	Efeitos insignificantes no a	Efeitos moderados de curt	Efeitos insignificantes no a	Efeitos insignificantes no a	Efeitos insignificantes no a

Figura 105 – Danos definidos no cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTE

Relativamente às componentes de análise do sistema, destaca-se o resultado relativo ao índice de suscetibilidade/perigosidade com um valor de 2.9. Este valor do índice de suscetibilidade/perigosidade traduz a elevada expressão da classe de maior perigosidade na área da pretensão. Relativamente ao índice consequência, o valor obtido foi de 0.92. Para este valor baixo concorre o facto da pretensão se localizar numa área de baixa densidade populacional (Figura 106).

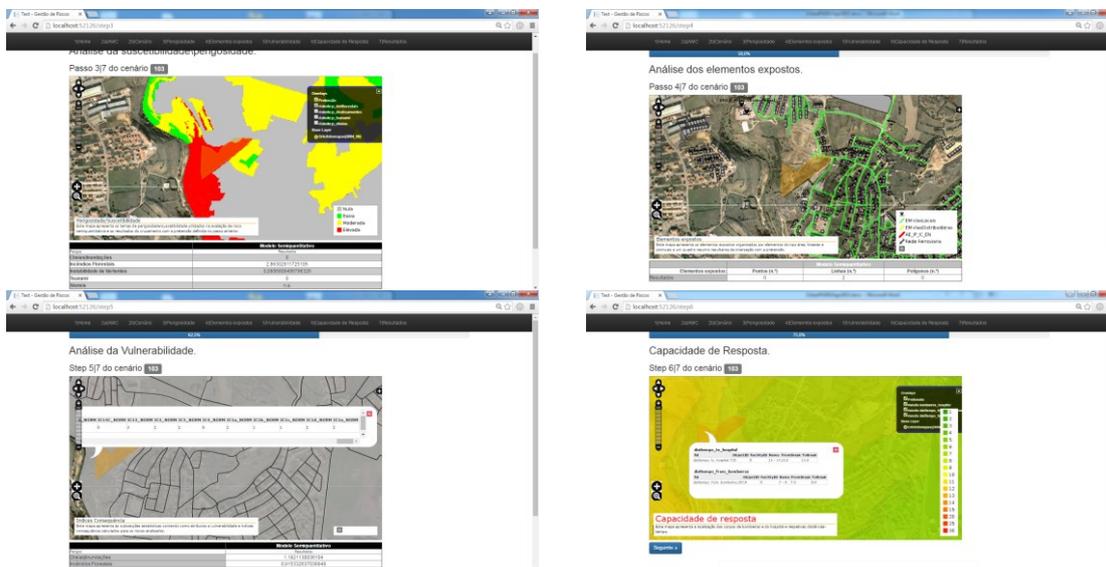


Figura 106 – Componentes de análise do sistema e da análise visual (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTE

A avaliação de risco qualitativa associada ao cenário base resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. A avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Baixo”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “A construção é autorizada. Os proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas de minimização do risco”. Apesar do elevado valor do índice de perigosidade/suscetibilidade a avaliação de risco semiquantitativa sugere que o modelo de transformação do uso do solo adotado no sistema é pouco restritivo. Paralelamente importa referir a incoerência entre a avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa (Figura 107).

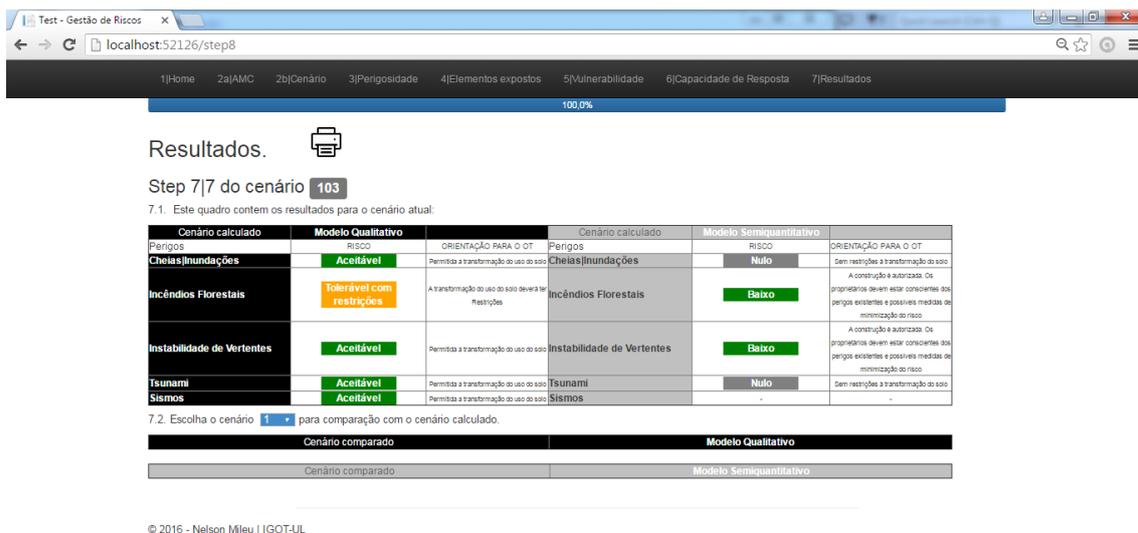


Figura 107 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTE

### 6.5.3.2. Cenário base com aumento da componente de vulnerabilidade

O desenvolvimento deste cenário, baseado no contexto do cenário base, procura explorar a possibilidade de introduzir no cenário uma alteração da vulnerabilidade decorrente de um projeto. Para efetivar esta alteração da vulnerabilidade atualizou-se diretamente a tabela com os índices, devido ao facto de esta funcionalidade não ter sido definida no desenho inicial do sistema. A atualização dos índices consistiu na atribuição do valor mais elevado para os subíndices da componente de vulnerabilidade física.

Neste cenário, adotaram-se os pesos da análise multicritério definidos no cenário base, os mesmos danos para a avaliação de risco qualitativa e manteve-se a localização da pretensão.

Sobre as componentes de análise do sistema, importa referir o resultado relativo ao índice de suscetibilidade/perigosidade com um valor de 2.9. Relativamente ao índice consequência, o valor obtido foi de 1.99, traduzindo este valor a alteração decorrente da vulnerabilidade associada ao projeto (Figura 108).

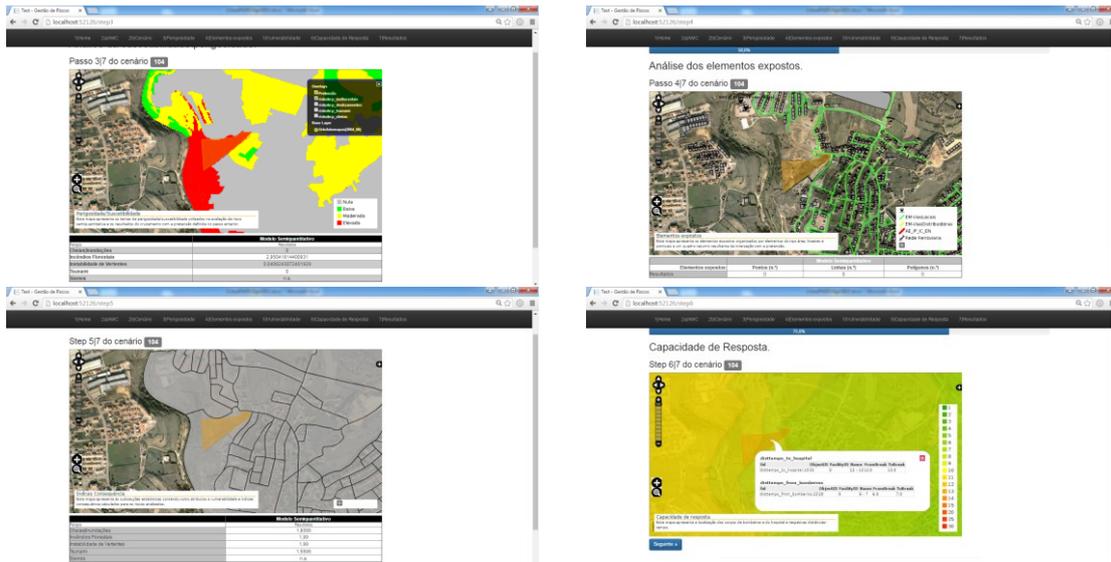


Figura 108 – Componentes de análise do sistema e da análise visual para o cenário base com aumento da componente de vulnerabilidade (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTE

A avaliação de risco qualitativa associada ao cenário base com aumento da componente vulnerabilidade resultou num risco “Tolerável com restrições”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “a transformação do uso do solo deverá estar sujeita a restrições”. A avaliação de risco semiquantitativa resultou num risco “Moderado”, e numa indicação para o ordenamento do território em que “as condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas medidas de mitigação”. Apesar do aumento do valor do índice consequência e da consequente alteração da avaliação de risco semiquantitativa pode-se sugerir que o modelo de transformação do uso do solo adotado no sistema é pouco restritivo (Figura 109).

Resultados.

Step 7/7 do cenário 104

7.1. Este quadro contém os resultados para o cenário atual:

Cenário calculado	Modelo Qualitativo	ORIENTAÇÃO PARA O OT	Cenário calculado	Modelo Semiquantitativo	ORIENTAÇÃO PARA O OT
Perigos	RISCO		Perigos	RISCO	
Cheias/Inundações	<b>Aceitável</b>	Permitida a transformação do uso do solo	Cheias/Inundações	<b>Nulo</b>	Sem restrições a transformação do solo
Incêndios Florestais	<b>Tolerável com restrições</b>	A transformação do uso do solo deverá ter Restrições	Incêndios Florestais	<b>Moderado</b>	As condições de segurança deverão ser demonstradas para novas edificações e asseguradas as medidas de mitigação
Instabilidade de Vertentes	<b>Aceitável</b>	Permitida a transformação do uso do solo	Instabilidade de Vertentes	<b>Baixo</b>	A construção e manutenção de proprietários devem estar conscientes dos perigos existentes e possíveis medidas de minimização do risco
Tsunami	<b>Aceitável</b>	Permitida a transformação do uso do solo	Tsunami	<b>Nulo</b>	Sem restrições a transformação do solo
Sismos	<b>Aceitável</b>	Permitida a transformação do uso do solo	Sismos	-	-

7.2. Escolha o cenário 1 para comparação com o cenário calculado.

Cenário comparado	Modelo Qualitativo
Cenário comparado	Modelo Semiquantitativo

© 2016 - Nelson Mileu | IGOT-UL

Figura 109 – Resultados da avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa para o cenário base com aumento da componente de vulnerabilidade (incêndio em matos de 4 de agosto de 2014) – Fonte: RiskOTE

## 6.6. SÍNTESE E LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A análise comparativa de cenários permitiu, em primeiro lugar, demonstrar a aplicabilidade da metodologia preconizada nesta tese. Em segundo lugar, a elaboração dos cenários exploratórios possibilitou a verificação da sua utilidade quer para as condições presentes quer para condições futuras e explorar as funcionalidades de análise do sistema, de apresentação e impressão de resultados ou comparação de cenários.

Adicionalmente permitiu identificar um conjunto de limitações que funcionam como perspectivas de investigação e desenvolvimentos futuros do sistema. Os índices de perigosidade/suscetibilidade e os índices consequência baseados na vulnerabilidade e exposição das subsecções estatísticas, quer pela sua origem ou pelos processos de normalização e classificação dos diferentes dados associados à metodologia adotada têm problemas e limitações que importa assinalar. A primeira limitação que importa referir é a ausência de dados sobre a população presente nas subsecções estatísticas onde não existem edifícios residenciais, com especial destaque nas áreas industriais, áreas comerciais ou parques empresariais. Esta limitação é extensível à dinâmica e mobilidade da população presente pelo que a metodologia não expressa variações diárias, semanais ou sazonais da população. Esta é uma das limitações recorrente em estudos de risco, como é o caso do Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve (ANPC, 2010).

Outra questão inerente à opção da utilização das subsecções estatísticas enquanto unidade geográfica de análise tem a ver com o problema da modificabilidade das unidades estatísticas tipo área, usualmente designado na bibliografia como MAUP (Openshaw, 1983; Mileu, 2001) e que pode influenciar significativamente os resultados.

A terceira limitação da metodologia adotada no sistema de apoio à decisão espacial refere-se ao método de divisão em classes utilizado. Apesar de ser uma questão amplamente explorada e analisada por vários autores (Dias, 1991; Silva, 2006; Westen *et al.*, 2011), importa no contexto do desenvolvimento do RiskOTe salientar que a utilização do método de divisão em classes por quantis constituiu uma opção, tendo presente todas as suas vantagens e limitações. Conforme se pode observar no exemplo da Figura 110 e Figura 111 a aplicação de diferentes métodos de classificação sobre o índice de vulnerabilidade da população com recurso aos métodos de classificação por quantis, intervalos iguais, quebras naturais e progressão geométrica influencia significativamente os resultados cartográficos e consequentemente os resultados da análise semiquantitativa do SADE.

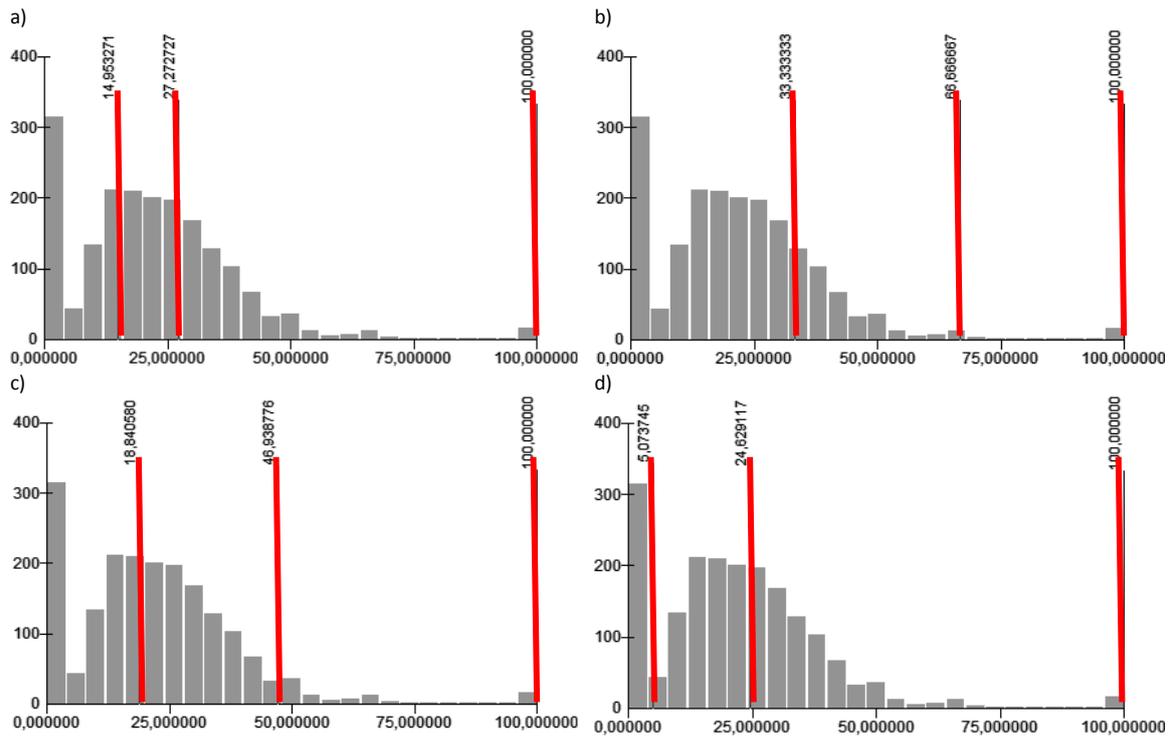


Figura 110 - Exemplos gráficos de aplicação de diferentes métodos de classificação sobre o histograma do índice de vulnerabilidade da população (a) quantis, b) intervalos iguais, c) quebras naturais, d) progressão geométrica)

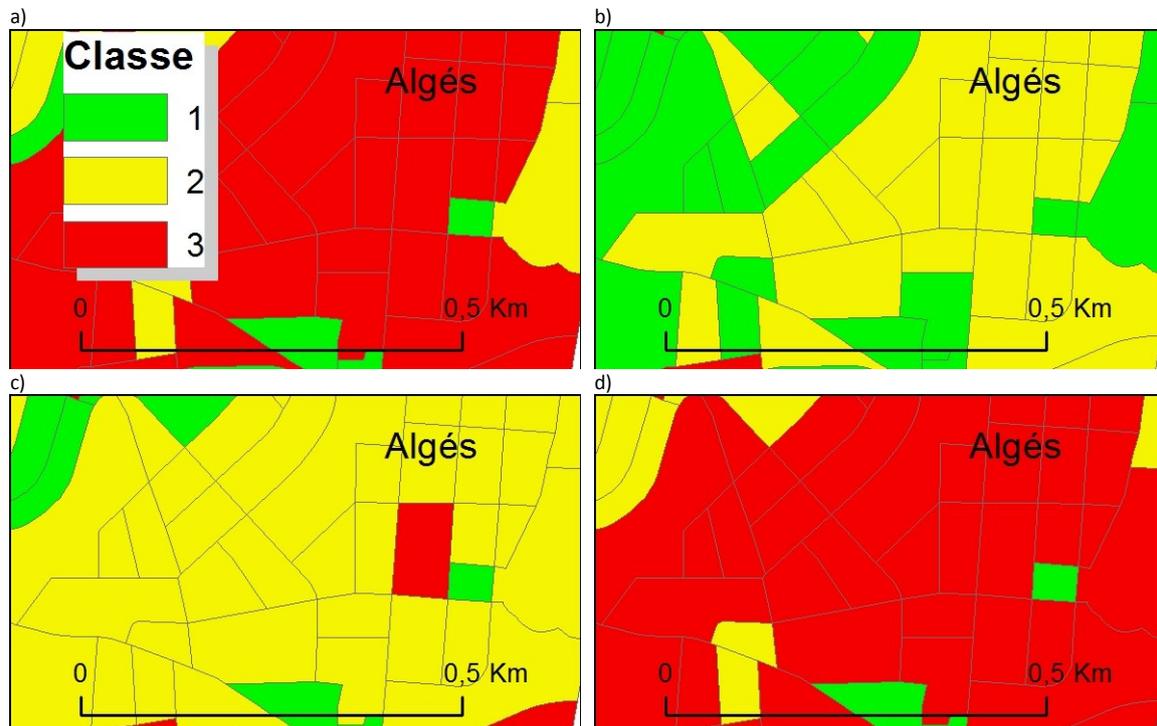


Figura 111 - Exemplos de mapas com aplicação de diferentes métodos de classificação do índice de vulnerabilidade da população (a) quantis, b) intervalos iguais, c) quebras naturais, d) progressão geométrica)

Outra questão crítica prende-se com a normalização das variáveis e indicadores. Sempre que se procede à normalização de uma variável ou indicador, a comparabilidade com outros casos de estudo à escala municipal fica limitada. Esta questão poderá ser facilmente ultrapassada

calculando-se a normalização e classificação dos índices à escala nacional, apesar de para o presente estudo o objetivo estar centrado na demonstração da aplicabilidade da metodologia à escala municipal.

A quinta limitação da metodologia está relacionada com o facto da análise da pretensão não considerar a envolvente, o que no caso da análise da vulnerabilidade e dos elementos expostos poderia ser uma mais-valia para a análise de risco.

Outra questão relevante no processo de apoio à tomada de decisão tem a ver com coerência entre os modelos de avaliação qualitativa e semiquantitativa que como foi possível de verificar na análise comparativa dos cenários não constitui um elemento facilitador no processo de apoio à tomada de decisão.

Apesar de ter sido possível elaborar os cenários de políticas correspondente à introdução de medidas mitigadoras na análise de risco, o processo foi conduzido diretamente na base de dados, constituindo um eixo de desenvolvimento do sistema através da automatização do processo.

Por último, verificou-se em vários cenários que os resultados da avaliação de risco semiquantitativa sugeriam um modelo de transformação de uso do solo pouco restritivo. No entanto, pode-se assumir este aspeto, não como uma limitação, mas como uma possibilidade que o sistema oferece em calibrar o modelo de transformação de uso do solo inicial.



## 7. CONCLUSÕES

**Sinopse do capítulo:** Este capítulo tem como objetivo efetuar um resumo das principais conclusões da investigação. Encontra-se estruturado em quatro subcapítulos. O primeiro subcapítulo *Revisitando o Objetivo da Investigação*, analisa o objetivo central da investigação face aos resultados obtidos. O segundo subcapítulo *Resumo dos Resultados da Investigação*, expõe para questão de investigação uma síntese dos resultados obtidos face às hipóteses colocadas. O subcapítulo seguinte *Oportunidades para Desenvolvimentos Futuros/Áreas de Investigação a Explorar*, apresenta os eixos de evolução do sistema e/ou áreas de investigação relevantes. Por último sintetizam-se as principais conclusões obtidas com a investigação e como poderão contribuir para um apoio à decisão no ordenamento do território suportado numa base sólida de informações sustentada pelos modelos de avaliação de risco implementados.

**Palavras-chave:** objetivos; resultados; desenvolvimentos futuros.

### 7.1. REVISITANDO O OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO

O objetivo principal da investigação centrou-se no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão espacial para apoiar a atividade de ordenamento do território integrando a análise e governança do risco. Para alcançar este objetivo foi idealizado, construído e testado um sistema de apoio à decisão espacial designado por RiskOTe.

Um dos eixos de desenvolvimento do sistema assentou no princípio do suporte à tomada de decisão e não à tomada de decisão, procurando-se garantir que as decisões são tomadas numa base sólida de informações e análises sobre os diferentes perigos, consequências, riscos, possíveis ações que podem ser tomadas para os mitigar e reduzir e onde a apresentação de usos do solo compatíveis com a pretensão de transformação de uso do solo constituiu uma das informações a considerar no processo e que foi possível demonstrar através da aplicação ao caso de estudo do município de Oeiras e dos vários cenários testados.

Não obstante as limitações associadas à implementação do sistema e descritas no capítulo 6, foi possível demonstrar a aplicabilidade de um sistema de apoio à decisão espacial integrando-se os conceitos associados à análise e governança do risco e que constitui um apoio à avaliação e tomada de decisão sobre a transformação de uso do solo.

### 7.2. RESUMO DOS RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO

Retornando às questões que nortearam esta investigação, enunciadas no ponto 1.3 do capítulo 1, faz-se de seguida a súmula dos resultados.

#### **7.2.1. Questão de Investigação 1: De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?**

O objetivo associado à questão inicial de investigação, encontra-se relacionado com o conhecimento dos modelos de integração da cartografia de risco no ordenamento do território

à escala municipal, para contextualização da pertinência do tema no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão e fundamentação do desenho conceptual do mesmo. Sinteticamente foi efetuado um diagnóstico da realidade municipal associada à integração do risco nos modelos territoriais (na perspetiva *as-is*<sup>21</sup>) e uma análise de possíveis contributos evolutivos da realidade existente para efeitos de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão (numa perspetiva *to-be*<sup>22</sup>).

Para responder à questão de investigação “De que forma o risco é integrado nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais e como poderá concorrer para o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão?”, foram efetuadas entrevistas que permitiram avaliar a hipótese colocada de “os perigos/riscos incorporados nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais dependerem fundamentalmente das obrigações legais e serem integrados de forma individual e com uma ligação ao regulamento do PDM que se relaciona apenas com as classes de maior perigosidade/suscetibilidade, podendo, no contexto do desenvolvimento dum sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território, ser integrados de forma articulada, designadamente com as várias dimensões da vulnerabilidade e com ligação a todas as classes de risco.

Através das entrevistas foi possível confirmar que os perigos/riscos incorporados nos modelos territoriais de ordenamento do território municipais, estão dependentes sobretudo das obrigações legais e são integrados de forma isolada e ao regulamento através das classes de maior perigosidade/suscetibilidade, evidenciado ainda que não existe integração (no ordenamento do território) com as várias dimensões da vulnerabilidade.

Esta evidência permitiu definir, enquanto eixo de desenvolvimento no desenho conceptual do sistema de apoio à decisão para apoio ao ordenamento do território, a utilização da componente da perigosidade em articulação com a vulnerabilidade. Através das entrevistas, também foi possível verificar que a utilização de todas ou parte das classes de risco, nos regulamentos das novas gerações dos planos diretores municipais constitui uma tendência, por oposição à utilização parcial e binária das classes de maior suscetibilidade/perigosidade. Esta constatação conduziu à incorporação de todas as classes de risco no desenvolvimento do sistema e em particular no modelo de transformação de uso do solo.

### **7.2.2. Questão de Investigação 2: Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão espacial que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?**

O objetivo associado à segunda questão de investigação, consistiu na identificação e descrição das componentes do sistema de apoio à decisão espacial. A definição conceptual do sistema de apoio à decisão foi estruturada em torno de cinco componentes, designadamente a componente de conhecimento onde se analisou o conceito de risco adotado, a componente de gestão do modelo onde se explicou a opção pela análise multicritério na avaliação de risco e o modelo de transformação do uso do solo adotado, a componente de gestão de base de dados,

---

<sup>21</sup> Conceito adaptado da modelação de processos de negócio que consiste no trabalho de levantamento e documentação da situação atual do processo.

<sup>22</sup> Conceito adaptado da modelação de processos de negócio que consiste no trabalho de definição e documentação da situação futura do processo.

onde se descreveram os temas e tabelas alfanuméricas do sistema, a componente de gestão do interface, onde se analisaram as opções e requisitos sobre o canal de interação entre os utilizadores e o sistema e a componente dos atores/decisores, onde se analisou a governança do risco e a sua importância no desenho conceptual do sistema.

Detalhando as várias componentes do sistema e começando pela componente de conhecimento, importa destacar que o conceito de risco adotado resulta do produto da perigosidade (P) pela consequência (C). Esta opção, constitui um aspeto determinante no desenvolvimento do sistema e em particular no desenho dos modelos de transformação do uso do solo. A componente de gestão de base de dados permitiu estruturar a informação geográfica em cinco esquemas da base de dados, designadamente o esquema para temas de suscetibilidade/perigosidade, índices consequência, elementos expostos, capacidade de resposta e o esquema genérico com as tabelas de gestão do sistema, designadamente a tabela para guardar os resultados dos cenários e a tabela com as definições dos usos de solo compatíveis. Adicionalmente à forma de organização da base de dados foi possível fundamentar a integração das várias tabelas, ou seja, dos temas adotados no sistema e respetiva estrutura tabular. A componente de gestão do(s) modelo(s) foi organizada em duas subcomponentes, correspondentes ao modelo de análise multicritério utilizado e ao modelo de transformação do uso do solo. Sobre o modelo de análise multicritério, foram aferidos os pesos dentro da componente consequência, no modelo de risco semiquantitativo, através da abordagem MACBETH, permitindo disponibilizar no sistema de apoio à decisão as ponderações obtidas. Sobre os modelos de transformação do uso solo destaca-se a adoção de uma matriz de risco estruturada em função das classes de risco e que considera esta classificação em função da tipificação do solo entre espaço urbano e não urbano. Na componente de gestão do interface foram definidos os requisitos do interface do sistema, designadamente a entrada de dados no sistema para a avaliação de risco qualitativa e semiquantitativa e a apresentação dos resultados. Estes requisitos foram implementados sobre uma plataforma *web* que permite uma utilização simplificada e a partir de qualquer computador. A última componente, correspondente aos atores/decisores possibilitou, identificar os diferentes atores, as suas relações e prioridades na componente de tomada de decisão sobre a transformação do uso solo integrando a componente de análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos, e que neste caso, permitiu direcionar o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão para os técnicos e decisores dos municípios.

À questão de investigação colocada “Quais as componentes (e com que características) poderá ter um sistema de apoio à decisão espacial que integre a cartografia de risco na gestão do território à escala municipal?”, conclui-se que é possível definir conceptualmente um sistema de apoio à decisão espacial para apoio ao ordenamento do território agregador da análise e governança do risco recorrendo às componentes de conhecimento, gestão do modelo, gestão da base de dados, gestão do interface e dos atores/decisores.

### **7.2.3. Questão de Investigação 3: Como poderá um modelo de apoio à decisão ser implementado para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo que integre a componente de gestão do risco?**

O objetivo associado à terceira questão de investigação consiste na definição conceptual para implementação dum sistema de apoio à decisão espacial que apoie a decisão sobre a transformação dos usos do solo integrando a análise de riscos naturais, tecnológicos e mistos e da governança do risco. Para responder a este objetivo e tendo presente as componentes do sistema definidas anteriormente, foi apresentada e justificada a metodologia de avaliação de risco semiquantitativa e qualitativa utilizada no sistema de apoio à decisão, foram descritos os cenários passíveis de serem implementados bem como a arquitetura técnica, funcional e modelo de dados.

A metodologia de avaliação do risco adotada no SADE, encontra-se centrada num modelo semiquantitativo, expressando o risco em termos de índices de risco, podendo-se descrever sinteticamente como o produto de um índice de perigosidade (P) por um índice de consequência (C), aplicado aos diferentes perigos com incidência no ordenamento do território. A bondade desta abordagem consiste na facilidade de harmonização dos temas e cálculo dos índices parciais e totais de risco. Importa também salientar que o desenvolvimento dos índices consequência a partir das componentes de vulnerabilidade física, social, económica e ambiental, revelou-se como a tarefa mais complexa do ponto de vista da implementação, mas dada a sua flexibilidade, constitui a componente do sistema com maior espaço de evolução. Adicionalmente, foi implementado no sistema um modelo de avaliação de risco qualitativo que possibilitou complementar a avaliação semiquantitativa.

Relativamente aos cenários implementados no sistema de apoio à decisão, estes foram organizados em cenários base e num cenário de políticas, decorrente da introdução de medidas de mitigação. A possibilidade de comparação dos resultados dos cenários, no contexto de governança para o qual foi desenvolvido o sistema constitui um elemento de valor acrescentado no apoio à decisão.

À questão de investigação colocada “Como poderá um modelo de apoio à decisão ser implementado para suporte ao ordenamento do território e avaliação sobre a transformação de uso do solo que integre a componente de gestão do risco?” é possível afirmar que se conseguiu definir conceptualmente um sistema de apoio à decisão suportado por um modelo de avaliação de risco semiquantitativo e qualitativo que possibilita elaborar cenários que suportem a decisão sobre a transformação do uso do solo. Apesar de não ter sido possível definir conceptualmente e implementar no sistema um modelo de avaliação de risco quantitativo, as abordagens utilizadas são suficientemente robustas e flexíveis para suportarem o processo de tomada de decisão sobre a transformação de uso do solo.

#### **7.2.4. Questão de Investigação 4: Quais são os cenários que o sistema irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados?**

O objetivo associado à última questão de investigação foi a demonstração da aplicabilidade da metodologia de avaliação de risco à escala municipal e implementada no sistema de apoio à decisão espacial.

O município de Oeiras constituiu o caso de estudo para testar a aplicabilidade da metodologia descrita, tendo a análise comparativa de cenários permitido demonstrar a aplicabilidade do sistema de apoio à decisão. Por outro lado, a elaboração dos cenários possibilitou verificar a sua utilidade quer para as condições presentes quer para condições futuras e explorar as funcionalidades de análise do sistema, de apresentação e impressão de resultados ou comparação de cenários. Adicionalmente permitiu identificar um conjunto de limitações que funcionam como perspetivas de investigação e desenvolvimentos futuros do sistema.

Desta forma e tendo em conta a questão de investigação colocada “Quais são os cenários que o sistema irá desenvolver e como poderão ser apresentados os resultados?”, é possível concluir que o sistema de apoio à decisão RiskOTe possibilita a definição de cenários sobre a situação existente e preditivos considerando como resultado a possibilidade de usos do solo compatíveis.

### **7.3. OPORTUNIDADES PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS/ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO A EXPLORAR**

Um dos maiores esforços da investigação concentrou-se no desenvolvimento do sistema de apoio à decisão para apoio à transformação dos usos do solo, integrando os conceitos associados à análise e governança do risco. Este esforço permitiu implementar no sistema de apoio à decisão um modelo semiquantitativo de avaliação de risco complementado por um modelo qualitativo, não tendo sido possível a implementação através de uma abordagem quantitativa. A implementação de uma abordagem quantitativa, constitui desta forma uma oportunidade para desenvolvimentos futuros do sistema de apoio à decisão e/ou novas investigações.

Sobre a implementação do SADE RiskOTe, existem vários aspetos que foram identificados como limitações e que podem constituir oportunidades para desenvolvimentos futuros como é o caso da utilização de indicadores de vulnerabilidade mais robustos, a automatização do processo de cálculo da vulnerabilidade associado às operações urbanísticas de urbanização ou edificação, a possibilidade de análise da vulnerabilidade na envolvente da pretensão ou a calibração dos limites das classes adotadas no modelo da avaliação de risco. Um dos aspetos críticos e que necessariamente influenciou os resultados da avaliação de risco foi a unidade geográfica de análise da componente da vulnerabilidade e que pela sua importância deverá constituir também uma área a explorar em investigações futuras.

Pelo facto de terem sido adotadas classes genéricas de uso do solo no desenvolvimento da matriz de usos do solo compatíveis, a sua desagregação constitui outra possibilidade de desenvolvimento do sistema.

Num exercício hipotético de instalação do SADE num município diferente do caso de estudo, coloca-se a questão de saber quais as potencialidades e limitações do sistema. Os pontos fortes do sistema são a sua facilidade de utilização, centralização da informação e robustez na análise (espacial) de risco. Os pontos fracos do sistema são a dependência de dados (para alguns índices poderá ser uma limitação), a complexidade no cálculo dos índices requer algum conhecimento técnico e a limitação na utilização por decisores enquanto componente de apoio à decisão por pode interferir com a natureza da tradicional decisão política sobre o ordenamento do território. Relativamente às oportunidades consistem na atualidade e pertinência do tema para o ordenamento do território, na possibilidade de instalação do sistema sem custos de aquisição de *software* e na formação no sistema. As ameaças associadas ao sistema são a resistência às novas tecnologias, dependência de infraestrutura informática e constantes atualizações do *software* de base que suporta o sistema.

#### **7.4. SÍNTESE DAS CONCLUSÕES**

Um dos aspetos mais relevantes da investigação prende-se com a pertinência do desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para suporte ao ordenamento do território que integre a componente de gestão do risco à escala municipal. Considerando o nível municipal como aquele onde se assumem opções fulcrais relacionadas com o ordenamento do território em paralelo com a coordenação política, institucional e operacional da gestão do risco, tendo presente os atores identificados no capítulo iv e todas as componentes de governança do risco, o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial dirige-se preferencialmente aos técnicos da administração local, constituindo um de suporte ao processo de tomada de decisão política.

O desenvolvimento do sistema de apoio à decisão espacial foi desenhado/concebido para a decisão em questões que relacionam o ordenamento do território com as análises de risco para além do modelo que tradicionalmente associa a gestão do risco a decisões de autorização versus proibição sobre representações cartográficas assentes na suscetibilidade e/ou perigosidade, para um modelo que assume a gestão do risco de uma forma mais abrangente em função do tipo de perigo/risco, da sua intensidade, vulnerabilidade, capacidade de resposta e medidas de minimização do risco.

A implementação do modelo de avaliação de risco semiquantitativo no sistema de apoio à decisão, expressando o risco em termos de índices de risco e resultando do produto de um índice de perigosidade (P) por um índice de consequência (C), aplicado aos diferentes perigos com incidência no ordenamento do território, complementado por modelo de avaliação de risco qualitativo, constituiu um dos aspetos de maior relevância nesta investigação. Apesar das limitações associadas a esta abordagem e especialmente com a utilização de índices, o sistema é suficientemente flexível de modo a permitir a adoção de outras métricas e a evolução para a utilização de uma abordagem quantitativa. Paralelamente à implementação dos modelos de avaliação de risco houve a necessidade de aferir os pesos dentro da componente consequência e adotar uma técnica de análise multicritério, constituindo esta aferição dos pesos um aspeto inovador e que associado à possibilidade do utilizador poder definir diferentes cenários com outros pesos aumenta a flexibilidade do sistema de apoio à decisão. Também a possibilidade de serem gerados vários cenários comparando os resultados obtidos, ficou demonstrada nesta

investigação, garantindo-se que as decisões são tomadas numa base sólida de informações obtidas a partir do sistema.

A arquitetura técnica e funcional do SADE RiskOTe apresenta um conjunto de vantagens, associadas ao facto do sistema ter sido implementado para a internet. A primeira consiste na facilidade de utilização por diferentes atores (técnicos ou decisores), uma vez que o ambiente web é "amigável". A segunda refere-se ao facto do utilizador necessitar apenas de um computador com navegador e acesso à internet. A esta vantagem acresce o facto de não ser necessário instalar qualquer *software* ou dados no computador do utilizador. Na era da sociedade da informação a disponibilização de um instrumento como o SADE RiskOTe pode significar para as organizações a agilização dos processos de análise de risco, redução da burocracia, aumento da eficácia e transparência organizacional. Fora das organizações a sua utilização pode melhorar o serviço prestado, a comunicação e a minimizar o risco associado aos interesses dos atores.

Muitas abordagens do risco são possíveis, e esta permite concebê-lo como um sistema que articula práticas de gestão, atores e territórios segundo lógicas flexíveis e inovadoras. No SADE RiskOTe dois atores principais estão associados, os técnicos e os políticos, com as suas representações, objetivos e limites, revelando que o risco é hoje uma poderosa alavanca para a ação, integrando orientações teóricas mas também práticas de ordenamento do território, sobretudo à escala municipal. O risco é assim entendido como parte integrante do ordenamento do território e se este vasto domínio não se encontrar verdadeiramente unificado, o olhar do geógrafo que nesta investigação foi colocado, mostra que à escala pertinente essa unificação é possível e desejável para o desenvolvimento sustentável.



## BIBLIOGRAFIA

---

Abella, E. (2008). *Multi-scale landslide risk assessment in Cuba*, Tese de Doutorado apresentada à Universidade de Utrecht, ITC Dissertation 154, ISBN: 978-90-6164-268-8, Utrecht.

Aggarwal, A.K., (2001). *A Taxonomy of Sequential Decision Support Systems*, University of Baltimore, USA. Disponível em:

<http://proceedings.informingscience.org/IS2001Proceedings/pdf/aggarwalEBKAtaxo.pdf>.

Ahmad, S. & Simonovic, S. (2006). *An Intelligent Decision Support System for Management of Floods*, *Water Resources Management* 20, pp. 391–410.

Alcamo, J. (2001). *Scenarios as tools for international environmental assessments*, Environmental issue report N.º 24, European Environment Agency, Copenhagen, pp. 1-31.

Amaro, A. (2009). *O socorro em Portugal: Organização, formação e cultura de segurança nos corpos de bombeiros, no quadro da Protecção Civil*, Tese de doutoramento em Geografia Humana apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto.

ANPC - Autoridade Nacional de Protecção Civil (2010). *Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve*, Direção Nacional de Planeamento de Emergência / Núcleo de Riscos e Alerta, Carnaxide.

Bana e Costa, C. & Vansnick, J. (1995). *Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH*. *Investigação Operacional*, 15, 1, pp. 15-35.

Bana e Costa, C.; Corte, J. & Vansnick, J. (2005a). *M-MACBETH Versão 2.4.0 Guia do utilizador*. Disponível em: <http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-MACBETH%202.4.0%20Guia%20do%20utilizador.pdf>.

Bana e Costa, C.; Corte, J. & Vansnick, J. (2005b). *On the Mathematical Foundations of MACBETH*, in J. Figueira, S. Grego and M. Ergott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, pp. 409-442.

Bana e Costa, C.; Silva, P. & Correia, F. (2004). *Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Ribeira do Livramento*, *Water Resources Management* 18, pp. 263–283, Kluwer Academic Publishers.

Bana e Costa, C.; Angulo-Meza, L. & Oliveira, M. (2013). *O Método MACBETH e Aplicação no Brasil*, *ENGEVISTA*, V. 15, n. 1. pp. 3-27.

Bateira, C.; Pereira, S.; Martins, L. & Santos, M. (2007). *Riscos Extensivos*, Plano Regional de Ordenamento do Território do Norte, Fase I – Estudos Complementares de Caracterização Territorial e Diagnóstico Regional, Laboratório de Estudos Territoriais, Departamento de Geografia, Universidade do Porto.

Belardo, S.; Karwan, K. & Wallace, W. (1984a). *An investigation of system-design considerations for emergency management decision support*, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics* 14(6), pp. 795-804.

Belardo, S.; Karwan, K. & Wallace, W. (1984b). *Managing the response to disasters using microcomputers*, Interfaces 14(2), pp. 29-39.

Birkmann, J. (2006). *Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions*, In: J. Birkmann (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo: United Nations University Press, 9-54.

Birkmann, J. (2007). *Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications*, Environmental Hazards, 7, 20–31.

Bollin, C. & Hidajat, R. (2006). *Community-based disaster risk index: Pilot implementation in Indonesia*, In: J. Birkmann (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo: United Nations University Press, 271-289.

Bonazuntas, M.; Kallidromitou, D.; Kassomenos, P. & Passas, N. (2007). *A decision support system for managing forest fire casualties*, Journal of Environmental Management 84, pp. 412–418.

Borjeson, L.; Hojer, M.; Dreborg, K.; Ekvall, T. & Finnveden, G. (2006). *Scenario types and techniques: Towards a user's guide*, Futures 38, pp. 723–739

Burton, C. (2012). *The Development of Metrics for Community Resilience to Natural Disasters*, Tese de Doutorado apresentada à Universidade da Carolina do Sul.

Caballero, D; Beltrán, I. & Velasco, A. (2007). *Forest Fires and Wildland-Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution*, Wilfire2007, Session Nº. 5.

Cabral, P. (2001). *Sistemas de Apoio à Decisão. O Sistema de Apoio ao Licenciamento da Direcção Regional do Ambiente do Alentejo*, Tese de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Camenzind-Wildi, R. (2006). *Recommendation: Spatial Planning and Natural Hazards*, Federal Office for Spatial Development, Federal Office for Water and Geology, Swiss Agency for the Environment, Forests, and Landscape, Berne.

CCDRA - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (2009). *Mapa 5 - Sub-sistema dos Riscos Naturais e Tecnológicos*, Plano Regional de Ordenamento do Alentejo, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo.

CCDRALG - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (2007). *Plano Regional de Ordenamento do Algarve*, Volume I, Volume II (Anexo J) e Mapa 10 (Riscos: cheia, erosão costeira, incêndio e sísmico), Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve.

Cioca, M. & Cioca, L. (2010). *Decision Support Systems used in Disaster Management*, Decision Support Systems, Chiang S. Jao (Ed.), ISBN: 978-953-7619-64-0, InTech. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/decision-support-systems/decision-support-systems-used-in-disastermanagement>.

Cioca, M. & Filip, F. (2015). *Decision Support Systems - A Bibliography 1947-2007*. Disponível em: <http://www.cif.ulbsibiu.ro/mariusc/bibliographySSD.htm>.

Cioca, M.; Cioca, L. & Buraga, S. (2007). *Spatial [Elements] Decision Support System Used in Disaster Management*, 2007 Inaugural IEEE-IES Digital EcoSystems and Technologies Conference, Cairns, pp. 607-612.

CMO – Câmara Municipal de Oeiras (1996). *Intempéries em Revisão*. Plano de Actividades. Relatório da Situação, Oeiras.

CMO – Câmara Municipal de Oeiras (1997). *Intempéries – de 2 de novembro de 1997*. Relatório, Oeiras.

Contini, S; Bellezza, F.; Christou, M. & Kirchsteiger, C. (2000). *The use of geographic information systems in major accident risk assessment and management*, Journal of Hazardous Materials, pp. 223–245.

COWI (2008). *Assessing the Potential for a Comprehensive Community Strategy for the prevention of Natural and Manmade Disasters*, Final Report, European Commission: DG Environment.

Cutter, S. (1996). *Vulnerability to environmental hazards*, *Progress in Human Geography* 20, 4, pp. 529-539.

Cutter, S.; Boruff, B. & Shirkley, W. (2003). *Social Vulnerability to Environmental Hazards*, *Social Science Quarterly*, Volume 84, 2, Southwestern Social Science Association, pp. 242-261.

Dall’Osso, F. & Dominey-Howes, D. (2009). *A Method for Assessing the Vulnerability of Buildings to Catastrophic (Tsunami) Marine Flooding*, Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group Inc..

Deck, O. & Verdel, T. (2012). *Uncertainties and Risk Analysis Related to Geohazards: From Practical Applications to Research Trends*, Risk Management for the Future - Theory and Cases, Dr Jan Emblemvåg (Ed.), ISBN: 978-953-51-0571-8, InTech. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/riskmanagement-for-the-future-theory-and-cases/uncertainties-and-risk-analysis-related-to-geo-hazards-frompractical-applications-to-research-tren>.

Delmonaco, G., Margottini, C. & Spizzichino, D. (2006). *Report on new methodology for multi-risk assessment and the harmonisation of different natural risk maps*, Armonia Project: Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, Deliverable 3.1, Rome.

Densham, P.J. (1991). *Spatial Decision Support Systems*, in *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, (eds.) D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind, New York: John Wiley & Sons, pp. 403-412.

DGOTDU – Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (2011). *Glossário do Desenvolvimento Territorial: Conferência Europeia dos Ministros responsáveis pelo Ordenamento do Território do Conselho da Europa (CEMAT)*, Títulos Gerais, Tradução de Mourato, J. e Ferrão, J., Lisboa.

DGPC – Direcció General de Protecció Civil (2009). *Report: Land use and spatial planning: criteria for risk management*, Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.

Dias, M. (1991). *Leitura e Comparação de Mapas Temáticos em Geografia*, Memórias do Centro de Estudos Geográficos n.º 13, Lisboa.

Dwyer, A.; Zoppou, C.; Nielsen, O.; Day, S. & Roberts, S. (2004). *Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards*. Geoscience Australia Record 2004/14.

Eastman R. (1999). *Multi-criteria evaluation and GIS*. in Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW (eds.) *Geographical information systems*, Wiley, New York, pp. 493-502.

EC - European Commission (2010). *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management*, Commission Staff Working Paper, SEC(2010) 1626 final, Brussels.

EEA - European Environment Agency (2011) - *Knowledge base for Forward-Looking Information and Services*. Catalogue of scenario studies, EEA Technical report N.º 1/2011, ISSN 1725-2237, Luxembourg.

Eissa, A. (2013). *Spatial Decision Support System for Infrastructure Resource allocation*, Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências da Geo-Informação e Observação da Terra da Universidade de Twente, Enschede.

EMA - Emergency Management Australia (2002). *Planning Safer Communities - Land use planning for natural hazards*, Australian Emergency Manuals Series, Manual 7, Emergency Management Australia, Canberra.

Emrich, C. (2005). *Social Vulnerability in US Metropolitan Areas: Improvements in Hazard Vulnerability Assessment*, Tese de Doutorado apresentada à Universidade da Carolina do Sul.

Flanagan, B.; Gregory, E.; Hallisey, E.; Heitgerd, J. & Lewis, B. (2011). *A Social Vulnerability Index for Disaster Management*, Journal of Homeland Security and Emergency Management: Vol. 8: Iss. 1, Article 3.

Fleischhauer, M. (2006). *Spatial relevance of natural and technological hazards. Natural and technological hazards and risks affecting the spatial development of European regions*, Geological Survey of Finland, Special Paper 42, pp. 7–16.

Fleischhauer, M; Greiving, S. & Wanczura, S. (2005). *State-of-the-art of spatial planning and natural risk mapping in European countries*, AESOP, Viena.

Friese, S. (2014). *Qualitative Data Analysis with ATLAS.ti*, SAGE Publications Ltd.

Gall, M. (2007). *Indices of Social Vulnerability to Natural Hazards: A Comparative Evaluation*, Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade da Carolina do Sul.

Garcia, R. (2012). *Metodologias de Avaliação da Perigosidade e Risco associado a Movimentos de Vertente – Aplicação na bacia do rio Alenquer*, Tese de Doutoramento em Geografia apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Garrido, M. (2006). *Los Riesgos Naturales En España Y En La Unión Europea: Incidencia Y Estrategias De Actuación*, Tese de Doutoramento em Geografia apresentada à Universidade da Cantabria, Santander.

Gheorghe A. & Vamanub, D. (2004). *Decision support systems for risk mapping: viewing the risk from the hazards perspective*, Journal of Hazardous Materials 111, pp. 45–55.

Giovinazzi, S. & Lagomarsino, S. (2004). *A Macroseismic Method for the Vulnerability Assessment of Buildings*, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper N.º. 896, Vancouver.

Greiving, S. & Fleischhauer, M. (2006). *Spatial planning response towards natural and technological hazards*, in “The Spatial Effects and Management of Natural and Technological Hazards in Europe”, Schmidt-Thome (ed.), Geological Survey of Finland, Special Paper 42.

Greiving, S.; Fleischhauer, M. & Wanczura, S. (2006) - *Management of Natural Hazards in Europe: The Role of Spatial Planning in Selected EU Member States*, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 49, N.º 5, pp. 739 – 757.

Hicham, H. (2005). *Gestion des risques naturels : Une approche fondée sur l'intégration des données*, Tese de Doutoramento em Informática, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, INSA-Lyon, Lyon.

Honghai, Q. & Altinakar, M. (2011). *A GIS-based decision support system for integrated flood management under uncertainty with two dimensional numerical simulations*, Environmental Modelling & Software 26, pp. 817-821.

HSE - Health & Safety Executive (2003). *PADHI: HSE's land use planning methodology*, Health and Safety Executive, Crown.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2013). *Anuário Estatístico da Região Lisboa 2013*, Lisboa-Portugal.

ISDR –International Strategy for Disaster Reduction (2005). *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building resilience of nations and communities to disasters*, United Nations.

ISDR –International Strategy for Disaster Reduction (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, United Nations.

ISO/IEC Guide 73 (2002). *Risk Management – Risk Assessment techniques*, International Organization for Standardization.

Jenelius, E. (2010). *Large-Scale Road Network Vulnerability Analysis*, Tese de Doutoramento em Infraestruturas apresentada ao Royal Institute of Technology, Stockholm.

Jessop, B. (1998). *The rise of governance and the risks of failure: the case of economic development*, International Social Science Journal, 50: 29–45. doi: 10.1111/1468-2451.00107.

Julião, R.; Nery, F.; Ribeiro, J.L. & Zêzere, J.L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal*, Autoridade Nacional de Protecção Civil/Direcção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano/Instituto Geográfico Português, Lisboa.

Lari, S.; Fratini, P. & Crosta, G. (2009). *Integration of natural and technological risks in Lombardy, Italy*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 2085–2106. Disponível em: [www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/2085/2009/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/2085/2009/).

Léon, J. (2006). *Vulnerability - A Conceptual and Methodological Review*, Publication Series of United Nations University - Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS) Nº. 4/2006, Bonn.

Linder, M. & Prater, C. (2007). *A hurricane evacuation management decision support system (EMDSS)*, Natural Hazards, Volume 40, Issue 3, pp. 627–634.

Lumbroso, D. & Woolhouse, G. (2007). *Report: Implementation of a case study simulation*, Armonia Project: Applied Multi-Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, Deliverable 6.1.

Malczewski, J. (1997). *Spatial Decision Support Systems*, NCGIA Core Curriculum in GIScience. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/u127.html>.

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-32944-4, New York.

Manyena, S. (2009). *Disaster Resilience in Development and Humanitarian Interventions*, Tese de Doutoramento apresentada à University of Northumbria at Newcastle, School of Applied Sciences, Newcastle.

MAOTDR – Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional (2006). *Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território*. Relatório e Programa de Acção. Disponível em: [www.territorioportugal.pt](http://www.territorioportugal.pt).

Melis, D. & Maltinti, F. (2009). *Developing a Vulnerability Index for Road Networks Under Hidrogeological Events*, 4th Kuhmo-Nectar Conference and Summer School - "Transport and Urban Economics", Copenhagen.

Mendes, J.; Tavares, A.; Cunha, L. & Freiria, S. (2011). *A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal*, Revista Crítica de Ciências Sociais [Online], 93 | 2011, posto online no dia 22 Maio 2012, consultado a 30 Janeiro 2013. Disponível em: <http://rccs.revues.org/90>.

Menoni, S.; Galderisi, A.; Ceudech, A.; Delmonaco, G. ; Margotinni, C. & Spizzichino, D. (2006). *Harmonised hazard, vulnerability and risk assessment methods informing mitigation strategies addressing land-use planning and management*, Armonia Project: Applied multi Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, Deliverable 5.1, Milano.

MIACC - Major Industrial Accidents Council of Canada (1995). *Risk-based Land Use Planning Guidelines*, Conseil canadien des accidents industriels majeurs, ISBN Nº. 1-895858-10-0, Ottawa.

Mileu, N. (2001). *Definição Automática de Áreas Censitárias*, Tese de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica apresentada ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Mirfenderesk, H. (2009). *Flood emergency management decision support system on the Gold Coast*, Australia, The Australian Journal of Emergency Management, Vol. 24 Nº. 2, pp.48-58.

Müller, A.; Reiter, J. & Weiland, U. (2011). *Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach – a case study for Santiago de Chile*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, pp. 2107-2123.

Nefeslioglu, H.; Sezer, E.; Gokceoglu, C. & Ayas, Z. (2013). *A modified analytical hierarchy process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments*, Computers & Geosciences 59, pp. 1–8.

Newman, J; Maier, H.; Delden, H.; Zecchin, A.; Dandy, G.; Riddel, G. & Newland, C. (2014). *Literature Review on Decision Support Systems for Optimising Long-Term Natural Hazard Mitigation Policy and Project Portfolios*, Report n.º 2014.009, Bushfire and Natural Hazards CRC, Melbourne.

November, V. (2002). *Les Territoires du risque: le risque comme objet de réflexion géographique*. Berna: Lang.

November, V. (2006). *Le risque comme objet géographique*, Cahiers de géographie du Québec, vol. 50, n° 141, 2006, p. 289-296. Disponível em: <http://id.erudit.org/iderudit/014868ar>.

November, V. (2008). *Spatiality of risk*, Environment and Planning A, volume 40, 1523 - 1527.

Oliveira, F. (2010). *Protecção Civil e Ordenamento do Território: A Necessária Consideração dos Riscos no Planeamento Territorial*, Cadernos Municipais Electrónicos da Fundação Respublica, pp. 1-19. Disponível em: <http://cadernosmunicipais.fundacaorespublica.pt/?cad=REV4bc0f0a4530e9&tipo=TAR4a1aaa86ca2e0&art=ART4bc0>.

Olyazadeh, R.; Aye, Z. & Jaboyedoff, M. (2013). *Development of a prototype for Spatial Decision Support System in risk reduction based on open-source web-based platform*, Geomondus, Castellón de la Plana.

OpenNESS (2014). *Glossary V2.0*. Disponível em: [www.openness-project.eu/sites/default/files/OpenNESS\\_Glossary\\_V2.0.pdf](http://www.openness-project.eu/sites/default/files/OpenNESS_Glossary_V2.0.pdf).

Openshaw, S. (1983). *The modifiable areal unit problem, Concepts and Techniques in Modern Geography*, vol. 38. Norwich: Geobooks.

Peckham, R.; Hastrup, P. & Otway, H. (1988). *A computer-based system for risk management support*, Decision Support Systems, Volume 4, Issue 4, pp. 481-489.

Peltier, A. (2005). *La Gestion des Risques Naturels dans les Montagnes d'Europe Occidentale - Etude comparative du Valais (Suisse), de la Vallée d'Aoste (Italie) et des Hautes-Pyrénées (France)*, Tese de doutoramento em Geografia apresentada à Universidade de Toulouse II, Le Mirail.

Peng, Z. & Tsou, M. (2003). *Internet GIS: distributed geographic information services for the internet and wireless networks*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Pizzol, L. (2009). *Spatial and Regional Risk Assessment in Decision Support Systems for Environmental Risk Management*, Tese de Doutoramento em Scienze Ambientali, Università Ca' Foscari Venezia.

Plumptre, T. & Graham, J. (1999). *Governance and Good Governance: International and Aboriginal Perspectives*, Institute On Governance. Disponível em: <http://dspace.africaportal.org/jspui/bitstream/123456789/11075/1/Governance%20and%20Good%20Governance.pdf?1>.

Power, C. (2006). *A Spatial Decision Support System for Mapping Bushfire Hazard Potential Using Remotely Sensed Data*, Bushfire Conference 2006, Brisbane.

Power, D.J. (2007). *A Brief History of Decision Support Systems*, DSSResources.COM, World Wide Web. Disponível em: <http://DSSResources.COM/history/dsshistory.html>.

Queirós, M. (2009). *Riscos e Ordenamento do Território: Prometeus ou conhecimento e partilha*, Revista do Conselho Nacional de Planeamento Civil de Emergência. 25 Anos. Lisboa: CNPCE, ISSN: 0871-7311, Nº21, pp. 20–28. Disponível em: <http://www.cnpce.gov.pt/archive/doc/Rev21-A.pdf>.

Queirós, M.; Vaz, T.; Palma, P. (2007). *Uma reflexão a propósito do risco*, VI Congresso da Geografia Portuguesa – CD-Rom, APG e UNL, Lisboa.

Rebelo, F. (1999). *A Teoria do risco analisada sob uma perspectiva geográfica*. Cadernos de Geografia, 18, pp. 3-13.

Rebelo, F. (2001). *Riscos Naturais e Acção Antrópica*. Coimbra, Imprensa da Universidade.

Renn, O. (2005). *Risk Governance Towards an Integrative Approach*, white paper nº. 1, International Risk Governance Council, Geneva.

Renn, O. (2008). *Risk governance. Coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan, London.

Rocha, F. (2012). *Sistemas Complexos, Modelação e Geosimulação da Evolução de Padrões de Uso e Ocupação do Solo*, Tese de Doutoramento em Geografia apresentada ao Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Rodrigues, M. (1998). *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual, aplicações ao ordenamento do território – exemplos no Maciço Calcário Estremenho*, Lisboa, Universidade de Letras.

- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.
- Saunders, W. (2012). *Innovative land-use planning for natural hazard risk in New Zealand*, Tese de Doutoramento em Recursos e Planeamento Ambiental apresentada à Universidade de Massey, Manawatu.
- Saunders, W. S. A.; Beban, J. G. & Kilvington, M. (2013). *Risk-based approach to land use planning*, GNS Science Miscellaneous Series 67, 97 p.
- Schmidtlein, M. (2008). *Spatio-Temporal Changes in the Social Vulnerability of Charleston, South Carolina From 1960 to 2010*, Tese de Doutoramento apresentada à Universidade da Carolina do Sul.
- Schmidt-Thomé, P. (2006). *Integration of natural hazards, risk and climate change into spatial planning practices*, Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Helsinquia, ISBN 951-690-969-8.
- Schmidt-Thomé, P; Klein, J.; Aumo, R. & Hurstinen, J. (2007). *Report: Technical Glossary of a Multi Hazard Related Vulnerability and Risk Assessment Language – Final version*, Armonia Project: Applied Multi-Risk Mapping of Natural Hazards for Impact Assessment, Deliverable 4.1.2, Espoo.
- Sebald, C. (2010). *Towards an Integrated Flood Vulnerability Index – A Flood Vulnerability Assessment*, Tese de Mestrado apresentada ao International Institute for Geo-information Science and Earth Observation da Universidade de Twente, GEM thesis number: 2010-25.
- Shortreed, J.; Hicks, J. & Craig, L. (2003). *Basic Frameworks for Risk Management*, Final Report, Ontario Ministry of the Environment, Network for Environmental Risk Assessment and Management.
- Silva, A. (2006). *Gráficos e Mapas – representação de informação estatística*, Edição LIDEL, Lisboa.
- Simões (2013). *Avaliação do Desempenho Ambiental e de Riscos: Modelo Multicritério de Apoio à Construção do Relatório do Estado do Ambiente da Agência Portuguesa do Ambiente*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Simon, H. (1960). *The new science management decision*, Harper&Row, New York.
- Simonovic, S. & Carson, R. (2003). *Flooding in the Red River Basin – Lessons from Post Flood Activities*, Natural Hazards, Volume 28, Issue 2, pp. 345–365.
- Souza, K. & Lourenço, L. (2015). *A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais*, Revista *Territorium*, n.º 22, pp. 31-44, Coimbra. Disponível em: [http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22\\_Artg/T22\\_Artg01.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22_Artg/T22_Artg01.pdf).
- Sterlachiny, S. & Arcaini, P. (2013). *Decision Support Systems in Risk Management: from theory to practice*, CHANGES – Workshop Meeting, Barcelonnete.

Stezar, I. Pizzol, L.; Critto, A.; Ozunu, A. & Marcomini, A. (2013). *Comparison of risk-based decision-support systems for brownfield site rehabilitation: DESYRE and SADA applied to a Romanian case study*, Journal of Environmental Management 131, pp. 383-393.

Sugumaran V. & Sugumaran, R. (2005). *Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): Evolution, Architecture, and Challenges*, Third Annual SIGDSS Pre-ICIS Workshop Designing Complex Decision Support: Discovery and Presentation of Information and Knowledge, Las Vegas.

Sugumaran, R. & DeGroot, J. (2011). *Spatial Decision Support Systems – Principles and Practices*, CRC Press, Taylor&Francis Group.

Sutanta, H. (2012). *Spatial Planning Support System for an Integrated Approach to Disaster Risk Reduction*, Tese de Doutorado submetida à Universidade de Melbourne, School of Engineering, Victoria.

Sutanta, H.; Rajabifard, A. & Bishop, I. (2010). *Integrating Spatial Planning and Disaster Risk Reduction at the Local Level in the Context of Spatially Enable Government*. Spatially Enabling Society: Research, Emerging Trends and Critical Assessment. A. Rajabifard, J. Crompvoets, M. Kalantari and B. Kok. Leuven, Leuven University Press, pp. 205-218.

Tacnet, J.; Batton-Hubert, M.; Jean-Dezert & Richard, D. (2012). *Decision Support Tools for Natural Hazards Management Under Uncertainty New Approaches Based on Multicriteria Decision Analysis and Evidential Reasoning*, 12th Congress INTERPRAEVENT, Grenoble.

Tate, E. (2011). *Indices of Social Vulnerability to Hazards: Model Uncertainty and Sensitivity*, Tese de Doutorado apresentada à Universidade da Carolina do Sul.

Taubenböck, H. (2011). *The Vulnerability of a City - Diagnosis from a Bird's Eye View, The Tsunami Threat - Research and Technology*, Nils-Axel Mårner (Ed.), ISBN: 978-953-307-552-5, InTech. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/the-tsunami-threat-research-and-technology/the-vulnerability-of-a-citydiagnosis-from-a-bird-s-eye-view>

Tavares, A. (2010). *Riscos Naturais e Ordenamento do Território – Modelos, Práticas e Políticas Públicas a Partir de uma Reflexão para a Região Centro de Portugal*, Prospectiva e Planeamento, Vol. 17–2010.

Tavares, A.; Quintela, D.; Viegas, D.; Góis, J.; Baranda, J.; Mendes, J.; Cunha, L.; ... Freiria, S. (2007). *Riscos Naturais e Tecnológicos - Contributo para a Síntese de Diagnóstico e Visão Estratégica*, Plano Regional de Ordenamento do Território do Centro, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro.

Thywissen, K. (2006). *Components of Risk – A Comparative Glossary*, Publication Series of United Nations University – Institute of Environment and Human Security (UNU-EHS) Nº. 2/2006, Bonn.

UNISDR (2004). *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, ISBN/ISSN:9211010640, Geneva.

UNISDR (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva.

Varnes, D.J. (1984). *Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*, Paris, France, UNESCO.

Walker, G.; Tweed, F. & Whittle, R. (2013). *A framework for profiling the characteristics of risk governance in natural hazard contexts*, Natural Hazards and Earth System Sciences, Discuss., 1, pp. 2207–2229. Disponível em: [www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/1/2207/2013/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/1/2207/2013/).

Walker, G; Whittle, R; Medd, W & Watson, N (2010). *Risk Governance and Natural Hazards. CapHaz-Net WP2 Report*, Lancaster Environment Centre, Lancaster University: Lancaster (disponível em: [http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net\\_WP2\\_Risk-Governance.pdf](http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP2_Risk-Governance.pdf)).

Wallace, W. & Debalogh, F. (1985). *Decision support systems for disaster management*, Public Administration Review 45, pp. 13-146.

Wamsler, C. (2007). *Managing Urban Disaster Risk, Analysis and Adaptation Frameworks for Integrated Settlement Development Programming for the Urban Poor*, Tese de Doutorado apresentada à Lund University, ISBN 978-91-87866-31-9, Lund.

WBGU - German Advisory Council on Global Change (1998). *World in Transition: Strategies for managing global environmental risks*, Annual Report 1998, Springer, Berlin.

Westen, C.J. van; Alkema, D.; Damen, M.; Kerle, N. & Kingma, N. (2011). *Multi-hazard risk Assessment*, Distance education course, Guide book, United Nations University – ITC School on Disaster Geoinformation Management (UNU-ITC DGIM).

Yang, A.; Sui, G.; Tang, D.; Lin, J. & Chen, H. (2012). *An intelligent Decision Support System for Typhoon Disaster Management*, Journal of computational Information Systems 8, 16, pp. 6705-612.

Zanuttigh, B.; Simcic, D.; Bagli, S.; Bozzeda, F.; Pietrantoni, L.; Zagonari, F.; ... Nicholls, R. (2014). *THESEUS decision support system for coastal risk management*, Coastal Engineering 87, pp. 218–239.

Zeidler, A.; Stickler, T.; Kleemayr, K.; Lexer, W.; Gerhardt, E.; Dobesberger, P.; ... Siegel, H. (2011). *WP 6 Risk Governance & Risk Communication*, Guidance Paper for Risk Governance in Spatial Planning, CLISP - Climate Change Adaptation.

Zêzere, J. (2010). *Diagnóstico Sectorial: Riscos e Protecção Civil*, Plano Regional de Ordenamento da Área Metropolitana de Lisboa, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

Zêzere, J.; Ramos, C.; Reis, E.; Garcia, R. & Oliveira, S. (2008). *Diagnóstico Estratégico: Riscos e Protecção Civil*, Plano Regional de Ordenamento do Oeste e Vale do Tejo, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

Zêzere, J.L. (1997). *Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*, Dissertação de Doutorado em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Zêzere, J.L. (2005). *Dinâmica de vertentes e riscos geomorfológicos. Programa*, Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia Física e Ambiente, Relatório nº 41, Lisboa.

Zêzere, J.L. (2007). *Riscos e Ordenamento do Território*, Revista Inforgeo n.º 20, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp. 59-63, Lisboa.

Zurek, M. & T. Henrichs (2007). *Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments*, Technological Forecasting and Social Change.

## **ANEXO I**

### **A- Guião da Entrevista realizada (Capítulo 3)**

#### **GUIÃO ENTREVISTA**

Entidade:

Departamento/Divisão:

Entrevistado | Categoria | Habilitações literárias:

Email:

Data:

#### **A – ORIGEM E FINALIDADE DA CARTOGRAFIA DE RISCO**

1. Qual o contexto em que foi elaborada a cartografia de risco?
2. Quem produziu a cartografia de risco?
3. Quem deveria elaborar a cartografia de risco?

#### **B – LIMITAÇÕES TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA DE RISCO**

4. Existiram limitações/dificuldades relativamente aos conceitos e modelos adotados na produção da cartografia de risco?
5. Existiram limitações/dificuldades relativamente à obtenção de dados de base na produção da cartografia de risco?
6. Existiram limitações/dificuldades relativamente ao conhecimento ou recursos na produção da cartografia de risco?

#### **C – IMPLICAÇÕES DA CARTOGRAFIA DE RISCO NO MODELO TERRITORIAL**

7. Na consulta pública do PDM houve questões/sugestões relacionadas com a cartografia de risco? Existiram alterações após a consulta pública? A decisão de alteração foi técnica ou política?
8. A integração dos perigos/riscos no processo de revisão do PDM foi concertada com os municípios adjacentes no que se refere à segmentação territorial e temática?
9. Nas áreas não ocupadas qual o modelo adotado (quais os perigos/riscos adotados e porque motivo, quais as classes utilizadas e consequências no OT, implicações no regulamento)?
10. Nas áreas ocupadas, qual a estratégia para o edificado existente em áreas de elevada perigosidade?

## B – Transcrição das Entrevistas

	Oeiras	Vale de Cambra	Vila Pouca de Aguiar	Ribeira Brava	Lisboa	Vila Franca de Xira
Departamento	GDM	DPAGU	DAU	Urbanismo	DIGC	DGUPRU
Data	16.7.15	3.2.15	18.7.14	20.7.15	2.2.15	13.1.15
Interlocutor	S. Breu	A. Ribeiro	S. Rodrigues	P. Jardim	C. Pinto	S. Andrade
1	Revisão do PDM	No Município de Vale de Cambra a Cartografia de risco foi elaborada no âmbito do Plano Diretor Municipal e Plano Municipal de Defesa da Floresta.	Foi elaborada cartografia de risco para o PDM de Vila Pouca de Aguiar (revisão), para a elaboração do PMEPC de Vila Pouca de Aguiar e para o Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios do Município.	Elaboração do Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil da Ribeira Brava.	Foi elaborada no contexto de revisão do PDM e enquadrada num projeto QREN.	Para cumprimento do despacho do Urb. Ricardo Ramalho datado de 19 de janeiro de 2015 no e mail da DGUPRU de 13 de janeiro de 2015, informa-se que o Município de VFX não seguiu as diretrizes constantes no Guia Metodológico de Cartografia Municipal de Risco e Para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de base Municipal.  Não obstante, e por à data do Despacho n.º 27 660/2008, de 29 de outubro de 2008 dos Secretários de Estado da Proteção Civil e do Ordenamento do Território e das Cidades, que constituiu o grupo de trabalho que teve por missão elaborar o Guia acima referido, o Município de VFX ter a sua proposta de revisão do PDM fechada, não constituiu impedimento para que o município não tivesse preocupações na identificação do risco, e que o mesmo seria um elemento importante para as propostas de ocupação do solo do concelho de VFX.
2	Empresa Municipal, EM, SA.	A produção dessa cartografia foi feita por grupos de trabalho internos. Grupos de trabalho constituídos na C.M. para o efeito.	PDM: Grupo de Estudos Territoriais da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (equipa responsável pelo trabalhos inerentes à revisão do PDM); PMEPC: Empresa Geoatributo; PMDFCI: Gabinete Técnico Florestal do Município.	A Empresa Municipal no contexto do contrato com a AMRAM.	Foi elaborada internamente. Existem muitos técnicos na CML.	
3	Municípios	Se encararmos a cartografia de risco como uma diretriz superior então, claramente, que deveria ser elaborada pela Administração Central. Por outro lado, a identificação de risco passa pelo conhecimento que muitas vezes os técnicos da administração local	Municípios.		Os municípios por deterem um conhecimento profundo do território.	

		<i>têm do território, neste caso, defendo que a cartografia de risco deveria ser elaborada pela Autarquia. Em conclusão deve haver uma articulação entre os vários níveis de poder, devendo a elaboração pertencer à Autarquia.</i>				
4	-	<i>Não propriamente, porque o risco identificado (áreas de inundação, áreas percorridas por incêndios florestais ...) corresponde a conceitos que os técnicos locais já dominam fluentemente.</i>	<i>Não tenho conhecimento acerca da dificuldade sentida pelas equipas/empresas acima mencionadas na elaboração da cartografia de risco.</i>	<i>Houve relativamente ao conceito de perigo e risco de incêndio florestal.</i>	<i>Não</i>	
5	-	<i>Presentemente existe alguma informação disponível, a dificuldade é saber onde procurar essa informação. No entanto, a base utilizada passou pela utilização de registos feitos, no caso dos incêndios, e com base em estudos elaborados para o efeito, no caso das áreas inundáveis.</i>	<i>Apenas posso responder relativamente à cartografia de base utilizada no processo de revisão do PDM: Foi adquirida cartografia à escala 1:10000 de um voo de 2004 (pois o processo de revisão iniciou-se em 2002) que teve que sofrer um processo de fiscalização por parte do Município por forma a garantir qualidade suficiente para ser homologada. Esta cartografia apenas foi homologada no ano de 2008, tendo o processo de revisão terminado em setembro de 2012 com a respetiva aprovação do Plano.</i>	<i>Não.</i>	<i>As limitações normais.</i>	
6	-	<i>Hoje em dia essas dificuldades são mínimas, uma vez que todas as Autarquias dispõem de software e hardware, capazes de ultrapassar essas dificuldades. Em alternativa existem soluções open source, às quais podemos sempre recorrer.</i>	<i>Não tenho conhecimento.</i>		<i>Foi utilizada maioritariamente a vulnerabilidade (inundações, sísmica – solos), a suscetibilidade a movimentos de vertente, os incêndios florestais (onde se incluíram os parques urbanos), subida da maré.</i>	
7	<i>Sim. Sim. Foi uma decisão técnica</i>	<i>Não houve participação a este nível. A população em geral não está sensibilizada para estas questões. O que prevalece nesse tipo de participação é a defesa do interesse individual.</i>	<i>Não foram colocadas questões/sugestões relativamente à cartografia de risco mas apenas relativamente à desatualização da base cartográfica, uma vez que a discussão pública do PDM apenas ocorreu entre fevereiro e abril de 2011 e a cartografia adquirida para a revisão do PDM foi feita com base num voo de 2004. Efetuaram-se alterações no PDM após discussão pública, as quais podem ser consultadas no respetivo Relatório de Ponderação, disponível na página do PDM do site do Município (<a href="http://www.cm-vpagueir.pt">www.cm-vpagueir.pt</a>), se for do seu interesse.</i>		<i>Existiram poucas. A OE e o IST referiram como lacuna a inexistência de uma carta geotécnica.</i>	
8	<i>A elaboração dos PDM é sempre acompanhada pelos municípios vizinhos.</i>	<i>Não houve participação a este nível. A população em geral não está sensibilizada para estas questões. O que prevalece nesse tipo de participação é a defesa do interesse individual.</i>	<i>O regulamento do PDM define que nas áreas com risco de incêndio das classes alta ou muito alta é interdita a construção de edificações para habitação, comércio, serviços e indústria (fora das áreas consolidadas). Para além disso, as novas edificações em espaço florestal ou rural fora das áreas consolidadas têm de salvaguardar na sua</i>	<i>Apenas para os municípios integrados no contrato com a AMRAM.</i>	<i>Lisboa foi o primeiro município a rever o PDM face aos municípios vizinhos e por não haver cartografia de risco nesses municípios não houve qualquer concertação nesta matéria.</i>	<i>Mais se refere que os estudos acima mencionados não tiveram cooperação intermunicipal nem foram concertados com os municípios adjacentes, bem como no âmbito da consulta pública da Revisão do PDM não houve questões relacionadas com as áreas de risco.</i>

			implantação no terreno, a garantia de uma distância à estrema da propriedade de uma faixa de proteção nunca inferior a 50m e adoção de medidas especiais relativas à resistência do fogo e à contenção de possíveis fontes de ignição de incêndios no edifício e respetivos acessos.			
9	Áreas não aedificandi.	(Não sei se entendi a pergunta) Nas áreas não ocupadas com edificado estão salvaguardadas exceções, devidamente salvaguardadas no Regulamento do PDM ou por legislação própria (caso da REN e RAN). Outros casos estão completamente vedados como sejam as áreas de risco de incêndio elevado e muito elevado.	No que respeita ao PDM: o concelho de Vila Pouca de Aguiar possui algumas zonas edificadas em áreas de REN (áreas com risco de erosão), por exemplo. Nestas situações, qualquer intervenção que se pretenda nessas áreas é necessário submeter a parecer da CCDR, a qual se pronuncia sobre a viabilidade de construção, sendo aqui aplicado o diploma da REN que condiciona a construção nestas áreas.	Foi diferenciado no regulamento.	Foi diferenciado no regulamento.	Assim, no âmbito do processo de Revisão do PDM de VFX (publicada em Diário da República através do Aviso n.º 20905/2009, de 18 de novembro, Aviso n.º 2956/2009, de 3 de dezembro (Declaração de Retificação), Aviso n.º 14674/2010, de 23 de julho (Alteração por Adaptação), Aviso n.º 16081/2010, de 11 de agosto (Declaração de Retificação) e Declaração n.º 173/2013, de 8 de agosto) foram elaborados os seguintes estudos: <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Carta Geotécnica de Risco do Concelho de VFX, Geotes</li> <li>☐ Áreas de Riscos de Incêndio, no âmbito do Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios de VFX, Comissão Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios e Gabinete Técnico Florestal</li> <li>☐ Estudo Hidráulico e Hidrológico do Concelho de VFX, Carta de Delimitação da Zona de Cheia, LNEC</li> <li>☐ Plano Municipal de Redução de Ruído de VFX, Sonometria e Plural</li> <li>☐ Identificação de Atividades Perigosas: Estabelecimentos com Produtos Explosivos com faixa de Proteção e Estabelecimentos com Substâncias Perigosas – Indústrias Seveso.</li> </ul> <p>Identificados os riscos, estes foram cartografados nos elementos constituintes do PDM, e incorporadas as suas restrições e condicionalismos no regulamento da Revisão do PDM.</p>
10	Dependendo da ocupação. Em situações de ocupação ilegal em zonas de risco, designadamente risco de cheias a opção terá de passar, a prazo, pela demolição das ocupações.	Ao nível do regulamento do PDM fica sempre salvaguardada uma faixa de proteção, como consagra a legislação específica.		Foi diferenciado no regulamento.	Foi diferenciado no regulamento.	

## ANEXO II

A- Inquérito enviado para determinação do perfil de governança  
(disponível em <https://pt.surveymonkey.com/s/CYYTZ9V>)

### Perfil de Governança dos Riscos com Intervenção Direta no Ordenamento do Território

Identificação - 1|2 (Tempo estimado: 1 min.)

O inquérito pretende definir o perfil de Governança dos Riscos (em termos gerais, engloba a identificação, a avaliação, a gestão e a comunicação de riscos) com Intervenção Direta no Ordenamento do Território em Portugal, considerando várias perspetivas envolvidas. Leia com atenção as perguntas e responda de acordo com a sua perspetiva.

Q1

\*

#### 1. Identificação do participante

- Representante político
- Sector empresarial/indústria
- Público em geral
- Decisor da administração local
- Técnico da administração local
- Decisor da administração central
- Técnico da administração central
- Comunicação social
- Organização não governamental/Associação/grupo de interesse
- Autoridade de proteção civil/regulador
- Seguradora
- Carreira científica

Indique qual a sua Instituição/Departamento:

Q2

\*

#### 2. Indique o(s) risco(s) para o qual pretende definir o perfil?

- Cheias/Inundações
- Incêndios Florestais
- Sismos
- Erosão Litoral
- Movimentos de Vertente
- Erosão Hídrica dos Solos

Outro

Especifique qual o seu interesse associado ao ordenamento do território e/ou gestão do risco?

## Inquérito - 2|2 (Tempo estimado: 3 min.)

O inquérito pretende definir o perfil de Governança dos Riscos (em termos gerais, engloba a identificação, a avaliação, a gestão e a comunicação de riscos) com Intervenção Direta no Ordenamento do Território em Portugal, considerando várias perspetivas envolvidas. Leia com atenção as perguntas e responda de acordo com a sua perspetiva.

Q3

\*

**3. Na sua opinião, existe um enquadramento político e legislativo claro, bem especificado e compreensível ao nível nacional para as questões relacionadas com os riscos?**

Fraco enquadramento político

Forte enquadramento político

Q4

\*

**4. Na sua opinião, terão as instituições regionais importância na implementação de políticas nacionais ou regionais no domínio das questões relacionadas com os perigos/riscos?**

Papel fraco das instituições regionais

Papel forte das instituições regionais

Q5

\*

**5. Na sua opinião, terão as instituições municipais/locais importância na implementação de políticas nacionais/regionais ou políticas locais no domínio das questões relacionadas com os perigos/riscos?**

Papel fraco das instituições municipais/locais

Papel forte das instituições municipais/locais

Q6

\*

**6. Avalie o papel que as populações desempenham na sua autoproteção.**

Não é expectável que as pessoas/empresas em situação de risco tenham qualquer ação significativa para se proteger de perigos.

É expectável que as pessoas/empresas em situação de risco possam agir e comprometer recursos para se proteger de perigos.

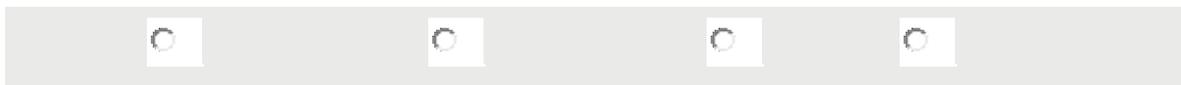
Q7

\*

**7. Avalie a cultura de participação/envolvimento dos vários atores (stakeholders) e organizações em parcerias de trabalho colaborativo e na inclusão dos seus contributos nos processos de decisão no domínio das questões relacionadas com os perigos/riscos.**

Baixa cultura de participação multistakeholder

Elevada cultura de participação multistakeholder



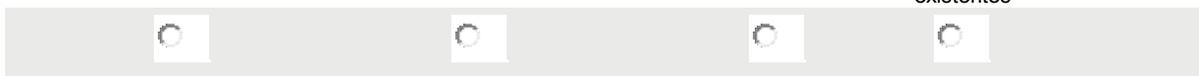
Q8

\*

**8. Avalie a relação do custo dos seguros com o grau de risco existente na localização geográfica das habitações e/ou empresas.**

Baixa ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes

Elevada ligação a seguros segmentados e orientados para os riscos existentes



Q9

\*

**9. Avalie a comunicação das entidades públicas com a população relativamente às questões relacionadas com os perigos/riscos.**

Comunicação pública pouco frequente e limitada c perigos/riscos

Comunicação pública muito frequente e efectiva dos perigos/riscos



Q10

\*

**10. Avalie a existência dos recursos nas entidades/agentes responsáveis pela gestão dos riscos e o desempenho associado.**

As entidades/agentes envolvidas na gestão do risco s subfinanciadas e realizam o seu papel de forma pouco eficaz

As entidades/agentes envolvidas na gestão do risco dispõem dos recursos suficientes e realizam o seu papel de forma eficaz



## B – Lista de distribuição do inquérito

1. ISEC: ana.oliveira@isec.universitas.pt (coordenadora do mestrado em Riscos e Proteção Civil)
2. ANPC: geral@prociv.pt
3. SRPC: srpc@madeira.gov.pt
3. DGT: dgterritorio@dgterritorio.pt
4. APA:  
geral@apambiente.pt; arhalg.geral@apambiente.pt; arhalt.geral@apambiente.pt; arht.geral@apambiente.pt; arhc.geral@apambiente.pt; arhn.geral@apambiente.pt
5. LNEG: info@lneg.pt
6. IPMA: info@ipma.pt
6. ICNF: icnf@icnf.pt
7. CCDRs: lucia.reis@ccdr-n.pt; geral@ccdr.pt; geral@ccdr-lvt.pt; geral@ccdr-alg.pt expediente@ccdr-a.gov.pt
8. CMANHÃ: sede@cofina.pt
9. PUBLICO: publico@publico.pt
10. DN: dnot@dn.pt
11. SOL: geral@sol.pt
12. EXPRESSO: director@expresso.impresa.pt
13. IONLINE: info@ionline.pt
14. RTP: conselho.opiniao@rtp.pt
15. SIC: contacto@siconline.pt
16. TVI: relacoes.publicas@tvi.pt
17. QUERCUS: quercus@quercus.pt
18. LIGA PORTUGUESA DA NATUREZA: lpn.natureza@lpn.pt
19. TRANQUILIDADE: infogeral@tranquilidade.pt
20. ZURICH: zurich.helpoint.portugal@zurich.com
21. AÇOREANA: provedor@acoreana.pt
22. FIDELIDADE: apoiocliente@fidelidade.pt
23. AXA: assistente@axanet.pt
24. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE AGENTES E CORRETORES DE SEGUROS: aprose@aprose.pt
25. ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE SEGURADORES: isp@isp.pt
26. MAPFRE: sim24@mapfre.pt
27. ALLIANZ: info@allianz.pt
28. GENERALI: contactcenter@generali.pt
29. Associação Portuguesa de Seguradoras: 30. aps@apseguradores.pt
30. COMISSÃO PARLAMENTAR DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E PODER LOCAL: Comissao.11A-CAOTPLXII@ar.parlamento.pt
31. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS PORTUGUESES: anmp@anmp.pt

## **ANEXO III**

---

DVD contendo o código, servidor de mapas e servidor de base de dados do “RiskOTe”

Conteúdo:

- Projeto do Visual Studio 2013 - WebSite(Risco).sln.
- Máquina virtual (VMware® Player versão 5.0.1) com o Servidor de Mapas e Servidor de Base de Dados - Ubuntu(riskote).vmx.