

Cartografia de Risco de Ruptura de Barragens de Classe I
Identificação de Elementos em Risco

Susana Cristina Mendes Nunes

**Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão do Território –
área de especialização em Planeamento e Ordenamento do
Território.**

Abril, 2016

Cartografia de Risco de Ruptura de Barragens de Classe I
Identificação de Elementos em Risco

Susana Cristina Mendes Nunes

**Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão do Território –
área de especialização em Planeamento e Ordenamento do
Território.**

Orientadores:

Professora Doutora Maria José Roxo (FCSH-UNL)

Engenheira Patrícia Pires (DRO, ANPC)

Abril, 2016

“Por vezes esquecemos que o ciclo da água e o ciclo da vida são apenas um.”

Jacques Yves Cousteau

AGRADECIMENTO

O presente relatório, só foi possível de ser realizado com o inestimável contributo de algumas pessoas e instituições às quais não se poderia deixar de atestar o devido contributo.

Dirijo, nas próximas linhas, às pessoas que contribuíram de forma directa ou indirecta para o trabalho agora finalizado, às quais gostaria de expressar o meu profundo agradecimento.

Em primeiro lugar agradeço às minhas orientadoras deste trabalho científico, a Professora Doutora Maria José Roxo pela sua ajuda, referência, compreensão e paciência, e à Engenheira Patrícia Pires da Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) pelo estímulo, auxílio. Em segundo, à Engenheira Elsa Costa e ao Engenheiro Luís Sá, pela amabilidade como me receberam e pelo apoio, assim como pela informação e formação, a todos os meus colegas da Direcção de Serviços de Riscos e Planeamento da ANPC. Agradecer todo o apoio que o Professor Jorge Rocha demonstrou para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Engenheiro João Pinheiro e à Filomena Veiga do Comando Distrital de Operações de Socorro (CDOS) de Bragança e ao Comandante do Corpo de Bombeiros de Torre de Moncorvo Manuel Almeida.

O mais importante, um enorme agradecimento à minha família, em especial aos meus pais, por me ter ajudado e acarinhado numa etapa importante da minha vida.

Por fim, a todos os meus amigos e colegas da faculdade em especial aos colegas João Evangelista Luz e Filipe Serrano.

Cartografia de Risco de Ruptura de Barragens de Classe I

Identificação de Elementos em Risco

Susana Nunes

RESUMO

A ruptura de uma barragem trata-se de um risco tecnológico, resultante de acidentes, frequentemente súbitos e não planeados, decorrentes da actividade humana. Em Portugal existe um grande número de pessoas a residir em vales nos sectores a jusante de barragens. O conceito “Risco” surge associado a uma situação ou eventos repentinos que extravasam o controlo Humano, podendo corresponder a perda de vidas ou danos materiais elevados, este conceito difere conforme diversos autores. Como em qualquer outro tipo de acidente, a maior segurança é a prevenção.

O presente trabalho tem como ponto de partida a realização de tarefas capazes de encontrar uma metodologia que permita uma resposta rápida e eficaz às necessidades da Protecção Civil no caso de uma ruptura de uma barragem, recorrendo a dados existentes no Plano de Emergência Interno das barragens de Cabril, Gostei e Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor – Escalão Jusante.

Os resultados obtidos evidenciam o papel crucial na análise dos processos relacionados com a vulnerabilidade. Propõe-se que a cartografia das áreas e dos grupos mais vulneráveis, bem como as medidas de mitigação, possam constituir um contributo relevante para os programas de ordenamento e de planeamento destinados a mitigar os riscos e as vulnerabilidades do território.

Palavras-chave: Barragens classe I, Gestão de Risco, Sistemas de Informação Geográfica, Medidas de Mitigação

Dam Break Risk Mapping Class I

Elements of identification at Risk

Susana Nunes

ABSTRACT

The rupture of a dam it is a technological risk resulting from accidents, often sudden and unplanned, resulting from human activity. In Portugal there is a large number of people living in valleys downstream of dams. The concept of "risk" appears associated with a situation or sudden events that go beyond the human control, which may correspond to loss of life and extensive material damage, this concept differs from different authors. As in any other type of accident, prevention is the biggest safety.

This work has as starting point performing tasks able to find a methodology that gives a quick and effective response to the Civil Protection needs in case of a rupture of a dam, using data on the internal emergency plan's of the dam's of Cabril. Gostei and hydroelectric Baixo Sabor.

The results show the crucial role in the analysis of processes related to vulnerability. It's proposed that the mapping of areas and the most vulnerable groups, as well as mitigation measures, can be an important contribution to the planning programs to mitigate the risks and vulnerabilities of the territory.

Keywords: Dams Class I, Risk Management, Geographic Information Systems, Mitigation

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL DA ANPC	3
CAPÍTULO II – ACIDENTES GRAVES OU CATÁSTROFES SOBRE RUPTURA DE BARRAGENS	5
2.1. Registo de acidentes com barragens na Europa	5
2.2. Registo de acidentes com barragens em Portugal	8
CAPÍTULO III – ACIDENTES TECNOLÓGICOS- RUPTURA DE BARRAGENS	9
3.1 Conceitos	10
3.2 Legislação Nacional	13
3.3 Identificação das ocorrências possíveis	16
3.4 Propagação da cheia induzida no vale a jusante	17
3.5 Caracterização dos cenários de ruptura	18
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA ADAPTADA	19
4.1 Aquisição dos dados	19
4.2 Tratamento e Pré-processamento dos dados	20
4.3 Sistemas de Informação geográfica como ferramenta de análise de risco	25
CAPÍTULO V – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	27
5.1 Enquadramento da Barragem de Cabril	27
5.2 Enquadramento do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	29
5.3 Elaboração da Cartografia de Risco	32
5.3.1 Propagação da onda de inundação	33
5.3.2 Sistema de Alerta e Aviso	35
5.3.3 Análise da Perigosidade	36
5.3.4 Análise da Vulnerabilidade	39
CAPÍTULO VI – MEDIDAS DE MITIGAÇÃO	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
WEBGRAFIA	46
ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Vista da barragem de Malpasset antes e depois da ruptura	6
Figura 2 - Vista da barragem antes e depois do deslizamento de terra.	7
Figura 3 - Cidade de Longarone antes e depois de ser atingida pela onda.....	7
Figura 4 - Extracto de Jornal de Noticias de dia 01/02/2015	8
Figura 5 - Fases de um processo de gestão de riscos, Julião et al., 2009.....	9
Figura 6 - Estrutura geral de um sistema de gestão do risco, Almeida 2003.....	12
Figura 7 – Critérios para classificação de barragens, (RSB, 2007).....	14
Figura 8 - Cadernos Técnicos PROCIV 5 - Guia de Orientação para Elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens	15
Figura 9 - Mapa do enquadramento das áreas inundáveis da barragem de Cabril.....	28
Figura 10 - Mapa do enquadramento das áreas inundáveis do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor.....	29
Figura 11 – Repartição das freguesias segundo a Tipologia das Áreas Urbanas, extraído do PEI AHBS – escalão de Jusante, 2012	31
Figura 12 – Vale do Sabor - área agrícola de Cabeça Boa	31
Figura 13 – Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros da barragem de Cabril	33
Figura 14 - Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor.....	34
Figura 15 – Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros da Barragem de Cabril	35
Figura 16 – Mapa de Perigosidade da barragem de Cabril	36
Figura 17 – Mapa de Perigosidade do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	37
Figura 18 – Excerto do Mapa de Perigosidade da Barragem de Cabril – Foz de Alge.....	38
Figura 19 – Excerto do Mapa de Perigosidade da AHBS – Foz do Sabor	38
Figura 20 – Excerto do Mapa de edificado da Barragem de Cabril.....	39
Figura 21 – Excerto do Mapa de edificado do AHBS.....	39
Figura 22 – Excerto do Mapa de vulnerabilidade e elementos expostos da Barragem de Cabril	41
Figura 23 – Excerto do Mapa de vulnerabilidade e elementos expostos do AHBS	41
Anexo	
Figura 1 - Organigrama da ANPC.....	47
Figura 2 - Aspecto da ruptura da barragem dos Hospitais, Évora (Sá, 2007).....	48
Figura 3 - Responsabilidade dos Planos de Emergência (Sá, 2007)	48

Figura 4 - Sistematização dos tipos de ocorrências excepcionais e de circunstâncias anómalas (Viseu, 2008)	49
Figura 5 – Aproveitamento Hidroeléctrico da Barragem da Bouça	52
Figura 6 – Ponte da Bouça na EN237	52
Figura 7 – Escola Primária da Bouça.....	53
Figura 8 – Capela de Nossa Senhora de Guia	53
Figura 9 – Ponte sobre o Rio Sabor	54
Figura 10 – Praia fluvial da Foz do Sabor	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Casos históricos de ruptura que originaram vítimas na Europa (adaptado de Viseu, 2008)	5
Tabela 2 - Perigosidade hidrodinâmica da cheia (CNGRI, 2015)	22
Tabela 3 - Matriz de Perigosidade	22
Tabela 4 - Ponderação das consequências em função dos elementos expostos a considerar na avaliação do risco (CNGRI, 2015)	24
Tabela 5 – Principais indicadores demográficos das freguesias abrangidas pela área de estudo, INE – 2011	27
Tabela 6 – Principais indicadores demográficos das freguesias abrangidas pela área de estudo, INE – 2011	30
Tabela 7 - Divisão administrativa na área do vale a jusante da barragem e tipologia de ocupação, extraído do PEI da Barragem de Cabril, 2012	50
Tabela 8 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica Barragem de Cabril.....	55
Tabela 9 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica Barragem de Cabril.....	56
Tabela 10 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor.....	57
Tabela 11 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	58
Tabela 12 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	59
Tabela 13 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	60

LISTA DE ABREVIATURAS

ANPC - Autoridade Nacional de Protecção Civil
APA - Agência Portuguesa do Ambiente
AHBS - Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor
AMU - Áreas Medianamente Urbanas
APU - Áreas Predominantemente Urbanas
CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal
CNOS - Comando Nacional Operações de Socorro
CDOS - Comando Distrital Operações de Socorro
CNGRI - Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações
DRO - Divisão de Riscos e Ordenamento da Autoridade Nacional de Protecção Civil
EDP - Energias de Portugal
FCSH - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas
INE - Instituto Nacional de Estatística
NMC - Nível de Máxima Cheia
NPA - Nível de Pleno Armazenamento
PEI - Plano de Emergência Interno
PEE - Plano de Emergência Externo
RSB - Regulamento de Segurança de Barragens
SIG - Sistemas de informação Geográfica
SNIG - Sistema Nacional de Informação Geográfica
ZAS - Zona de Auto-Salvamento

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objectivo geral descrever as tarefas concretizadas no decorrer do Estágio na Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). Este estágio realizou-se entre os meses de Outubro (2014) e Dezembro (2015), culminando em 800 horas realizadas, segundo protocolo, formalmente, estabelecido entre a Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (FCSH) e a ANPC.

O objectivo deste tipo de estágio passa pela integração do estagiário na dinâmica de trabalho da instituição em causa de forma a com isso adquirir experiência profissional de valência na área de formação, sendo neste caso a avaliação de risco e a utilização dos Sistemas de informação Geográfica (SIG).

As barragens são estruturas construídas nos cursos de água, facultando inúmeros benefícios para a sociedade, como a produção de energia, abastecimento de água, controle de cheias, irrigação e lazer. Mas por vezes surgem impactos ambientais negativos associados a essas construções. A possibilidade de ruptura de uma barragem é um risco potencial para a população ribeirinha, pois induz a montante, e principalmente a jusante uma onda de inundação que pode afectar muitas vidas humanas e causar elevados danos materiais.

Segundo dados da Agencia Portuguesa de Ambiente (APA), disponibilizados pela ANPC, em Portugal existem cerca de 600 barragens, abrangidas pelo Regulamento de Segurança de Barragens (Decreto-Lei nº 344/2007, de 15 de Outubro). Este regulamento classifica as barragens em função dos danos potenciais associados à onda de cheia no vale a jusante. Assim existem três tipos de classe de risco, de I a III. Esta classificação baseia-se num factor importante, a população que reside nos locais a jusante das barragens e nos seus vales. Estima-se cerca de 150 barragens sejam de Classe I, significa que nestes locais possa existir um total de população residente igual ou superior a 25 pessoas.

Apesar de projectadas e edificadas com toda a segurança, existe sempre algum risco de ocorrer a ruptura de uma barragem, quer por colapso da sua estrutura, quer por cedência das fundações. Assim, o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) exige que para as barragens de Classe I se elabore uma análise do risco de ruptura e

incumbe as entidades responsáveis a definirem mapas de inundação, permitindo a definição de áreas de risco, a elaboração de planos de emergência, e a instalação de sistemas de alerta e aviso.

No Plano de Emergência Interno (PEI) de cada barragem são produzidas metodologias e modelos numéricos capazes de identificar uma hipotética propagação da onda de cheia devido à ruptura de uma barragem, bem como elaborada uma avaliação geral do Risco nas áreas atingidas.

Este trabalho irá ter como objectivo a produção de cartografia de riscos de ruptura de barragens de Classe I, apresentando uma metodologia que irá permitir a quantificação do risco através da avaliação da perigosidade, com base no desenvolvimento de um índice de perigosidade, e na avaliação da vulnerabilidade associada à identificação dos elementos expostos face às características socioeconómicas das populações que ocupam o vale e à preparação e informação das comunidades envolvidas na área de gestão e risco.

Com o auxílio a uma metodologia de SIG como suporte ao estudo, utilizaram-se os dados disponíveis, referentes à população, redes de comunicações, localização de estruturas entre outros elementos que estejam nos vales a jusante da construção dessas barragens e que estão expostas ao risco.

Como questão de partida definiu-se, o que pode originar e, o que pode acontecer no caso de uma ruptura de barragem? Embora a probabilidade de ruptura de uma barragem seja relativamente baixa e, tendo em conta os dispositivos e medidas de segurança que estão implementados actualmente, é praticamente impossível eliminar todos os riscos associados à ocorrência deste evento, mesmo para as construções mais recentes (ANPC & INAG¹, 2009).

É também importante neste trabalho fazer uma caracterização da ocupação humana nas áreas inundáveis, ou seja, saber quem está em risco?

¹ INAG - Instituto Nacional da Água, actualmente APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CAPÍTULO I - ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL DA ANPC

A realização de um estágio assume um papel preponderante na formação académica. Esta experiência promove um contacto inicial com o mundo do trabalho e constitui uma primeira oportunidade de aplicar os conteúdos estudados ao longo dos anos de faculdade. O estágio foi realizado na instituição da Autoridade Nacional de Protecção Civil, com sede em Carnaxide. Esta instituição foi criada em 2007, substituindo o Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil o qual resultou da fusão do Serviço Nacional de Protecção Civil, Serviço Nacional de Bombeiros e Comissão Nacional Especializada de Fogos Florestais. Em 2012, dá-se a extinção do Conselho Nacional de Planeamento Civil de Emergência (CNPCE) e são atribuídas estas funções à ANPC; em 2014, no seguimento do processo de extinção da Empresa de Meios Aéreos (EMA), passou também a ter atribuições na área da gestão dos meios aéreos pertencentes ao Ministério da Administração Interna.

Esta Instituição tem por missão planear, coordenar e executar a política de protecção civil, designadamente na prevenção e reacção a acidentes graves e catástrofes, de protecção e socorro de populações e de superintendência da actividade 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, de acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2013 de 31 de maio, alterado pelo Decreto-Lei n.º 163/2014 de 31 de Outubro.

A 4 de Novembro de 2014 surge a Portaria 224-A/2014, que determina a estrutura nuclear e as competências das unidades orgânicas da ANPC, surgindo assim as Direcções de Serviços. Ainda nesse ano o Presidente da ANPC cria o Despacho n.º 14688/2014 de 25 de Novembro que define as unidades orgânicas flexíveis da ANPC, suas competências e atribuições, rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 85/2015 de 13 de Janeiro, e alterado pelo Despacho n.º 1553/2015 de 13 de Janeiro, que redefine assim as atuais unidades orgânicas flexíveis (Figura 1 - anexo):

a) Divisão de Verificação e Fiscalização (DVF) e Divisão de Regulamentação, Normalização e Credenciação (DRNC), integradas na Direcção de Serviços de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (DSSCIE);

b) Divisão de Riscos e Ordenamento (DRO) e Divisão de Planeamento de Protecção Civil (DPPC), integradas na Direcção de Serviços de Riscos e Planeamento (DSRP);

c) Divisão de Planeamento Civil de Emergência (DPCE) na dependência do Director Nacional de Planeamento de Emergência (DNPE);

d) Divisão de Estudos (DE) e Divisão de Planeamento de Infra-estruturas e Recursos Materiais (DPIRM), integradas na Direcção de Serviços de Gestão Técnica e Planeamento (DSGTP);

e) Divisão de Segurança, Saúde e Estatuto Social (DSSES) e Divisão de Regulação, Recenseamento e Formação (DRRF), integradas na Direcção de Serviços de Regulação e Recenseamento dos Bombeiros (DSRRB);

f) Divisão de Organização e Recursos Humanos (DORH) e Divisão de Gestão Financeira (DGF), integradas na Direcção de Serviços de Recursos Humanos e Financeiros (DSRHF);

g) Divisão de Gestão Patrimonial (DGP) e Divisão de Informática e Comunicações (DIC), integradas na Direcção de Serviços de Recursos Tecnológicos e Patrimoniais (DSRTP);

h) Divisão de Desenvolvimento Organizacional e Relações Internacionais (DDORI), Divisão de Comunicação e Sensibilização (DCS) e Divisão de Apoio Jurídico (DAJ) na dependência do Presidente.

CAPÍTULO II – ACIDENTES GRAVES OU CATÁSTROFES SOBRE RUPTURA DE BARRAGENS

2.1. Registo de acidentes com barragens na Europa

A construção de barragens começa a evidenciar-se, durante o Império Romano e, ao longo dos séculos seguintes registam-se algumas construções, que permanecem até hoje. A maior evolução destas construções começa a registar-se na segunda metade do século XX, e é a partir desse período que ocorrem alguns acidentes com rupturas de barragens na Europa, e com isso, começou-se a repensar no risco que correm as populações que se localizam nos vales a jusante, bem como na prevenção contra os seus potenciais efeitos (Santos, 2007).

As rupturas de barragens são eventos que possuem baixa probabilidade de ocorrência, porém apresentam elevado potencial de destruição no sector do vale a jusante. A tabela 1 apresenta o registo de acidentes com barragens ocorridos na Europa. De entre os diversos casos de ruptura ocorridos ao longo da história, pretende-se apresentar neste item, alguns casos mais significativos envolvendo barragens de diferentes tipos e características.

Tabela 1 - Casos históricos de ruptura que originaram vítimas na Europa (adaptado de Viseu, 2008)

Barragem	País	Ano do acidente	Altura	Causas	Vítimas
Bouzey	França	1895	18		100
Dale Dyke-Bradfield	Reino Unido	1864	29	Erosão interna pelo maciço	238
Egíiau e Coedty	Reino Unido	1925	11		16
Gleno	Itália	1923	44		600
Granadillar	Espanha	1959	34		9
Malpasset	França	1959	60	Colapso devido a um movimento de rocha da ombreira esquerda	433
Puentes	Espanha	1802	21,9	Falha da fundação	608
Stava	Itália	1985			150
Teseno	Itália	1982			214
Torreon Tajo	Espanha	1965	62	Ruptura de comporta	30
Tous	Espanha	1982	50	Galgamento	40
Vajont	Itália	1963		Galgamento devido a um grande escorregamento de terra sobre o reservatório	2600
Vega de Tera	Espanha	1959	34		150
Zerbino	Itália	1935	12	Fatores hidráulico-operacionais	111
Zgorigrad	Bulgária	1966	12	Ruptura de barragem a montante	96

A Barragem de Malpasset, localizada na região de Frejus, no sul de França (Figura 1), tinha o intuito de fornecer água para consumo humano e para irrigação. A sua construção começou no ano de 1941, com o término ocorrendo somente em 1954. Em 1959, no dia 2 de Dezembro pelas 21 horas, a barragem rompeu, formando uma onda de cheia com cerca de 40 m, que percorreu o vale a jusante numa extensão de 12 km, deslocando-se a uma velocidade de cerca de 70 km/hora e ocasionando a morte de 433 pessoas. A 1,5 km a jusante, um trecho de 800 metros de caminho-de-ferro e uma ponte foram destruídos. As marcas de cheia mostraram que a linha de água atingiu mais de 20 metros acima da margem principal do rio Reyran.

As investigações posteriores mostraram que o acidente ocorreu devido à natureza geológica da área, estudos geológicos e geotécnicos concluíram a existência de uma extensa falha tectónica na fundação. Tal, associado a um evento de chuva de grande magnitude, ocorrido alguns dias antes do colapso, aumentou o nível de pleno armazenamento em mais de 5 metros, o que agravou a pressão no corpo da barragem (Almeida, 2004).

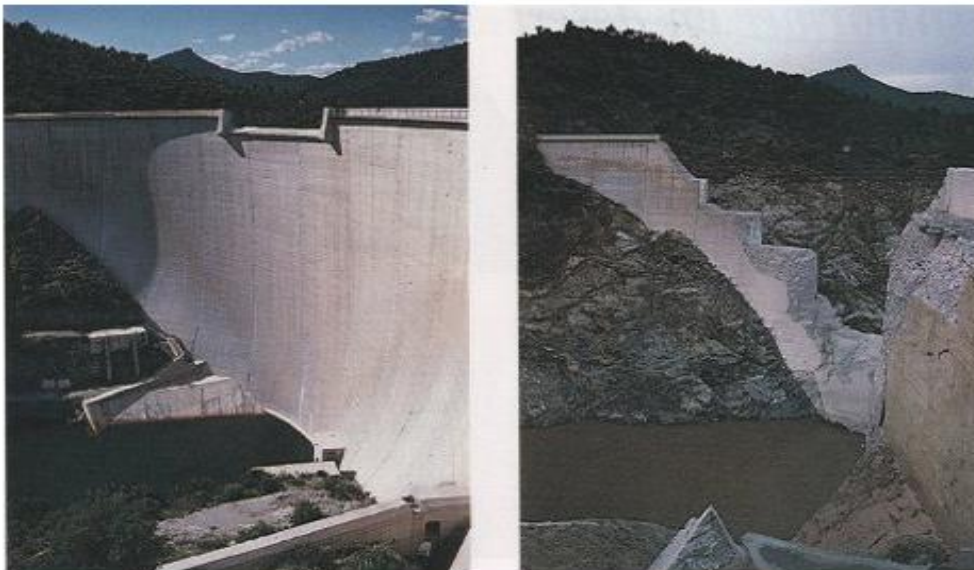


Figura 1 – Vista da barragem de Malpasset antes e depois da ruptura

Fonte: <http://www.journalriskcrisis.com/on-december-2-54-years-ago/>

Em Itália, a Barragem de Vajont está localizada a 100 km a Norte da cidade de Veneza, esta barragem foi construída com a finalidade de fornecer energia eléctrica para as cidades de Milão, Turin e Modena.

Em 1963, registou - se um incidente, apesar de não ser caracterizado como um evento de ruptura de barragem, uma vez que a estrutura da mesma não entrou em colapso, durante o evento crítico sofrido, mas teve efeitos catastróficos. O número de mortes ocorridas, devido à onda de cheia formada, foi descrito como um dos piores eventos de inundações ocorridos na Itália durante o século XX (Dooge, 2004). Um deslizamento de massas bloqueou o vale a montante do reservatório, numa extensão aproximada de 400m (Figura 2). Uma onda para montante (mais de 700m) foi propagada em direcção à vila de Erto, ocasionando a morte de 60 pessoas nesse local. Outra onda propagou-se para jusante, galgando a crista da barragem. Essa massa de água alcançou uma altura máxima de 70m, atingindo em poucos minutos as cidades de Longarone (Figura 3), Castellavazzo, Pirago, Rivalta, illanova e Faè, matando mais de 2500 pessoas (Hendron e Patton, 1985).

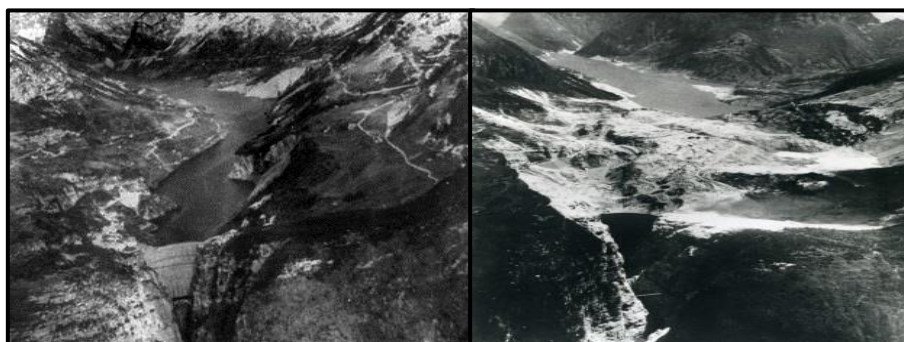


Figura 2 - Vista da barragem antes e depois do deslizamento de terra.



Figura 3 - Cidade de Longarone antes e depois de ser atingida pela onda

Fonte: <http://www.yesano.com/vajont.htm>

2.2. Registo de acidentes com barragens em Portugal

Em Portugal foram registadas apenas duas ocorrências mais significativas de acidentes em barragens.

Em 1996, no distrito de Évora, na Barragem dos Hospitais com 12m de altura e 268 000 m³ de capacidade, registou-se um rompimento na barragem. O material impróprio usado na construção colocado no aterro levou ao rompimento da mesma, durante o primeiro enchimento, não se registaram vítimas mortais (figura 2 - anexo)

No dia 31 de Janeiro de 2015, no distrito de Coimbra, na freguesia de Cabouco, um acidente que afectou a conduta que faz o transvase da água entre a barragem do Alto Ceira e a de Santa Luzia, no rio Unhais, provocou uma cheia inesperada, inundando 12 habitações e cortando o trânsito na rua e na ponte antiga que atravessa a localidade de Cabouco. O presidente da Câmara de Coimbra, Manuel Machado, exigiu à Autoridade Nacional da Protecção Civil (ANPC) a realização de um inquérito para apurar as responsabilidades pela origem da ruptura da conduta (Figura 4).

Segundo fonte da EDP, "... o caudal escoado na zona que sofreu a ruptura [da conduta que liga a barragem do Alto Ceira à de Santa Luzia] foi diminuto face ao caudal que passou pela barragem, pelo que este facto não deve ser apontado como causa das cheias em curso. A região foi afectada por chuvas intensas provocando a subida do caudal do rio para níveis muito elevados... (<http://www.ionline.pt/269314>)".



Figura 4 - Extracto de Jornal de Noticias de dia 01/02/2015

Fonte: <http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx>

CAPÍTULO III – ACIDENTES TECNOLÓGICOS- RUPTURA DE BARRAGENS

Segundo Viseu (2008), a ruptura de uma barragem é um exemplo paradigmático de um tipo de acidente tecnológico muito pouco frequente mas com consequências potenciais muito significativas no vale a jusante.

Ramos e Melo (1994) entendem por ruptura de barragem qualquer ocorrência associada ao comportamento da barragem, dos órgãos de segurança e de exploração (obras de desvio durante a construção, descarregador de cheias, descarga de fundo), que possa originar uma onda de inundação.

No que que concerne às barragens, estas continuam a deteriorar - se com o tempo e as populações continuam a instalar-se em áreas de inundação. Uma gestão de riscos inclui o controlo e a mitigação dos mesmos, com a finalidade de evitar que estes aumentem com o tempo. Uma avaliação de riscos comporta três partes: análise do risco, avaliação do risco e gestão do risco.

A seguir, no ponto 3.1 deste capítulo aborda-se os conceitos de Risco decorrente da relação entre perigosidade, susceptibilidade, vulnerabilidade e dano potencial (Figura 5).

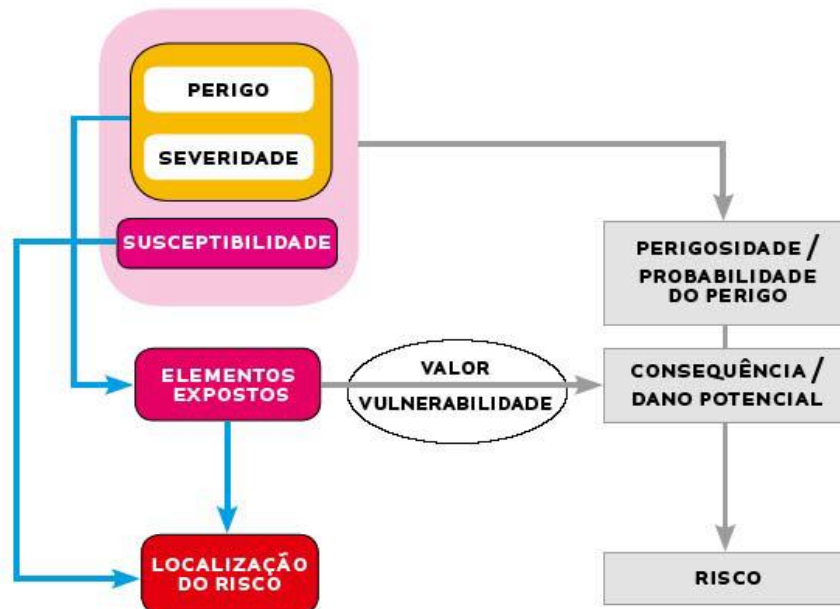


Figura 5 - Fases de um processo de gestão de riscos, Julião et al., 2009

3.1 Conceitos

O conceito Risco (R) é utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, o que permite a existência de uma grande variedade de riscos, tem múltiplas definições e efeitos e aplica-se em diferentes domínios, tanto a nível da linguagem corrente como a nível técnico-científica. Este conceito tem uma importância crescente na sociedade actual com incidência em diferentes aspectos da mesma. No âmbito do planeamento de emergência de protecção civil, risco é definido como a probabilidade de ocorrência de um processo (ou acção) perigoso e respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens e ambiente (ANPC & INAG,2009).

O conceito de Risco é *o grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em resultado da ocorrência de um processo (ou acção) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade*, (Julião et al., 2009), ou seja, é a possibilidade de uma ocorrência, resultado de um fenómeno natural extremo ou induzido pela actividade antrópica, num determinado período de tempo; e a respectiva qualificação em termos de custos, de consequências graves, económicas ou mesmo para a segurança das pessoas. É obtida através do produto da Perigosidade (P), pelo valor dos Elementos em risco/exposição (E) e pela Vulnerabilidade (V).

$$R = P * E * V$$

Perigosidade (P), entendida como a probabilidade de ocorrência de um fenómeno destrutivo (associado um potencial de destruição avaliado qualitativa ou quantitativamente) com uma determinada magnitude, num determinado período de tempo e numa dada área (UNDRO, 1979, citado por, Zêzere, J.L., 2007, tendo em conta, os elementos vulneráveis.

Elementos expostos são os elementos potencialmente afectáveis de sofrer danos resultantes de um processo perigoso de origem natural ou antrópica, num determinado território. Estes podem ser populações, edifícios, infra-estruturas, actividades económicas, estruturas naturais, etc. (Julião et al., 2009 e PROTCentro, 2007).

O termo **vulnerabilidade** expressa o potencial de afetação a um determinado evento de origem natural ou antrópica sobre pessoas, bens e ambiente (PIRES, 2005), isto é, o grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos, em consequência da ocorrência de um processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto de determinada severidade (Julião et al., 2009).

Uma maior vulnerabilidade traduz-se em maiores danos ou perdas directos e indirectos e a uma maior dificuldade na recuperação, abrange assim a identificação de fontes e perigos, a avaliação de incertezas, a definição de vulnerabilidades, a estimativa de riscos, e a identificação de possíveis medidas de mitigação. Um sistema de gestão do risco (Figura 6) tem uma estrutura geral que pode ser adoptada a situações, domínios e tipos de riscos muito diferentes. Depois de definir os termos que esclarecem o risco, a gestão do mesmo, define-se como um conceito operante que abrange os processos de avaliação do risco e de mitigação, de uma forma coerente e sólida, baseada em metodologias e procedimentos específicos desenvolvidos em quatro tipos de acções

- Identificação e caracterização, dos eventos perigosos (naturais ou tecnológicos) e determinação da respectiva probabilidade de ocorrência

- Análises de risco, admitindo a ocorrência de eventos, o desenvolvimento de cenários de ruptura e a avaliação das respectivas probabilidades, bem como a avaliação das respectivas consequências, por forma a ser possível quantificar o risco da barragem e compará-lo com níveis de referência ou de aceitação social.

- Redução dos riscos, estudando e implementando medidas de protecção estruturais ou não estruturais que permitam reduzir a probabilidade de ruptura e/ou a gravidade dos efeitos a jusante.

- Resposta à emergência, preparando as medidas a implementar no caso de ocorrer uma situação de emergência, incluindo a assistência, durante e, após uma catástrofe. As primeiras duas acções inserem-se no sub-processo Avaliação do Risco e, as duas restantes no sub-processo Mitigação do Risco.

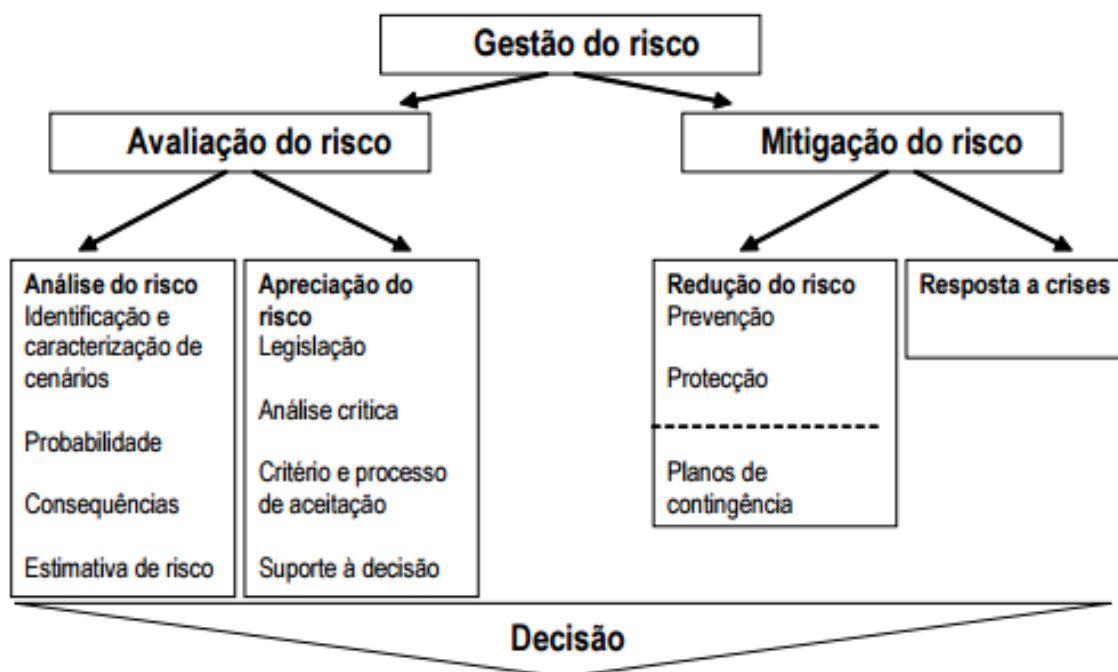


Figura 6 - Estrutura geral de um sistema de gestão do risco, Almeida 2003

A caracterização do evento da cheia induzida (com a respectiva definição da área de inundação) e a estimativa do grau de perigo (concretizada pela delimitação do zonamento) constituem os primeiros passos para a realização de uma análise do risco no vale a jusante. A gestão do risco combina os resultados da análise do risco e da avaliação do risco para encontrar a “melhor” solução. A análise de vulnerabilidade é uma parte da análise de risco.

3.2 Legislação Nacional

A 6 de Janeiro de 1990, surge o Decreto-Lei nº 11/90 que define o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) como sendo o documento legal que na legislação portuguesa expressa as exigências legais de controlo de segurança adequadas às barragens de maiores dimensões, define quais os meios e processos a implementar tendo em vista o controlo e segurança de barragens, por intermédio de medidas adequadas nas fases de projecto, construção, primeiro enchimento, exploração e abandono (ANPC,2009). Para uma boa execução do RSB foram estabelecidas normas de projecto de barragens (Portaria nº 846/93) e normas de observação e inspecção de barragens (Portaria nº 847/93), de 10 de Setembro, assim como normas de construção de barragens, nos termos da Portaria n.º 246/98, de 21 de Abril. A 15 de Outubro de 2007 surge o Decreto-Lei nº 344/2007 que elabora uma revisão ao decreto-lei nº 11/90, redefine as entidades envolvidas como o INAG² que tem a competência genérica de controlo de segurança de barragens (Autoridade), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) como consultor em matéria de controlo de segurança das barragens e a ANPC, como entidade orientadora e coordenadora das actividades de protecção civil ao nível nacional. Este regulamento aplica-se:

- A todas as barragens de altura igual ou superior a 15 m;
- Barragens de altura igual ou superior a 10 m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 1 hm³;
- Às barragens de altura inferior a 15 m que não estejam incluídas na alínea anterior e cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 100 000 m³;
- Outras barragens que, em resultado da aprovação de projectos ou de estudos de avaliação de segurança, sejam incluídas.

² INAG - Instituto Nacional da Água, actualmente APA – Agência Portuguesa do Ambiente

O Artigo 44º do RSB, exige que seja elaborado o Planeamento de Emergência para as barragens de Classe I (que em caso de ruptura podem afectar pelo menos 25 residentes (Figura 7) e no Artigo 45º, o estabelecimento dum sistema de aviso e alerta.

Classe	Ocupação humana, bens e ambiente
I	Residentes em número igual ou superior a 25.
II	Residentes em número inferior a 25; ou Infra-estruturas e instalações importantes ou bens ambientais de grande valor e dificilmente recuperáveis ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas.
III	As restantes barragens.

Figura 7 – Critérios para classificação de barragens, (RSB, 2007)

No RSB distingue-se claramente o Planeamento de Emergência (PE) como sendo o conjunto do Plano de Emergência Interno (PEI) e do Plano de Emergência Externo (PEE) O PEI é um documento da responsabilidade do dono de obra, onde se verifica os padrões de segurança da albufeira e do vale a jusante à barragem, propondo o aviso à população através de acções de sensibilização, articuladas com a APA e alerta aos serviços e agentes de protecção civil, bem como a conservação e manutenção dos sistemas de alerta e aviso; o PEI é submetido pelo dono de obra e aprovado pela APA após parecer da ANPC (Figura 3 - Anexo).

Segundo a Lei de Bases da Protecção Civil (Artigo 50º), a elaboração do Plano de Emergência Externo (PEE) o qual visa a gestão das situações de emergência e aviso às populações fora da zona de auto-salvamento³. Depende da abrangência administrativa do vale atingido pela inundação. Ou seja, se abranger um concelho a elaboração do PEE é da competência da Câmara Municipal; se abranger 2 ou mais concelhos num mesmo distrito, a elaboração do Plano é da responsabilidade do Comando Distrital de operações de Socorro (CDOS) da ANPC; se a onda de inundação afectar concelhos de 2 ou mais distritos, cabe à ANPC a elaboração do PEE.

³(...zona do vale, imediatamente a jusante da barragem, na qual se considera não haver tempo suficiente para uma adequada intervenção dos serviços e agentes de protecção civil em caso de acidente e que é definida pela distância à barragem que corresponde a um tempo de chegada da onda de inundação igual a meia hora, com o mínimo de 5 km..) RSB,2007

Para apoiar a aplicação do RSB existe ainda o caderno temático elaborado pela ANPC intitulado “Guia para Elaboração dos Planos de Emergência Internos de Barragens” (Figura 8) que pretende auxiliar a elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens, conforme definidos pelo RSB. Neste guia constam as orientações tidas em consideração para as boas práticas existentes nos domínios da avaliação dos riscos e das vulnerabilidades e a experiência acumulada na execução e análise de gerações anteriores de planos. Procura descrever a estrutura legislativa em que o planeamento de emergência de uma barragem se enquadra, bem como apresentar o conteúdo e organização tipo de um plano de emergência interno à luz do pretendido e do disposto na legislação portuguesa de segurança de barragens. Concebido especificamente para às entidades responsáveis pela elaboração de planos de emergência internos de barragens e genericamente a todas as entidades directamente ligadas à área de Segurança de Barragens. (ANPC & INAG, 2009).

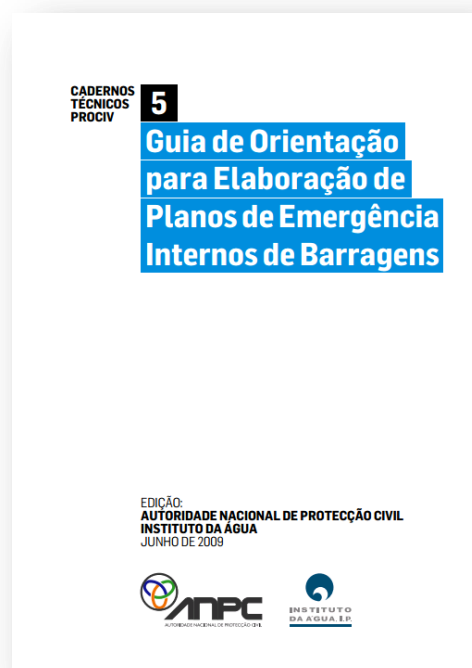


Figura 8 - Cadernos Técnicos PROCIV 5 - Guia de Orientação para Elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens

(ANPC e INAG, 2009)

3.3 Identificação das ocorrências possíveis

No contexto da segurança nos vales a jusante das barragens, o evento que interessa é a ocorrência de uma cheia induzida, mesmo considerando que a probabilidade de ruptura é relativamente baixa (10⁻⁶ em caso de uma barragem nova, Viseu, Teresa e Almeida, A. B. , 2011) e as consequências que daí podem advir no vale a jusante, incluindo a perda de vidas humanas, perdas económicas ou outras consequências adversas (ambientais, sociais, etc.). No Artigo 4º do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) encontram-se as seguintes definições para ocorrência excepcional e circunstância anómala (figura 4 – anexo):

- “... Ocorrência excepcional – facto não previsto ou apenas previsível para um período de recorrência muito superior ao da vida da obra, em regra de desenvolvimento rápido...” e em que o ser humano não pode assumir a responsabilidade, são o caso dos sismos, das cheias ou até mesmo deslizamento nas encostas.
- “... Circunstâncias anómalas – factos ligados às acções, à exploração ou às características da obra que se traduzem em comportamentos que não se enquadram na evolução prevista...” como as anomalias relacionadas com o comportamento estrutural, falha de órgãos de segurança, equipamentos e sistemas; neste grupo surge ainda os eventos provocados por acções praticadas pelo homem, como é o caso de ameaça de bomba, sabotagem ou vandalismo e situação de guerra (Figura 1 - Anexo).

No Artigo 39º do RSB, verificar-se outras ocorrências excepcionais e circunstâncias anómalas nas barragens a montante, tais como os acidentes ambientais ou os incêndios florestais, que têm resultado também a jusante.

3.4 Propagação da cheia induzida no vale a jusante

Segundo Viseu, 2008, a cheia induzida é uma cheia provocada pelas deteriorações que afectam uma barragem, seja elas uma ruptura ou qualquer outro acidente que implique descargas não controladas com impacto no vale a jusante.

O Regulamento de Segurança de Barragens define onda de inundação como “... onda de cheia resultante de um acidente, que pode provocar vítimas e prejuízos económicos e afectar o ambiente...” (Artigo 4º, DL nº 344/2007).

As referências bibliográficas consideram que existe duas expressões (cheia induzida e onda de inundação) que são equivalentes, assim sendo, neste trabalho utiliza-se a expressão onda de inundação pois este trabalho enquadra-se num estágio numa instituição que tem como principais objectivos, entre outros, socorrer, assistir e apoiar a reposição da normalidade da vida das pessoas em áreas afectadas por um acidente grave ou uma catástrofe. A definição da onda de inundação em caso de ruptura de uma barragem é o instrumento de base para a elaboração do Plano de Emergência Interno (PEI).

Existe três variáveis possíveis para avaliar o processo de formação da onda: a característica da brecha; os níveis iniciais na albufeira e as respectivas afluências, mas também outros factores preponderantes que estão associados ao processo de propagação da cheia como as condições de fronteira a jusante, as características topográficas e as características da rugosidade do leito. A cheia induzida na secção da barragem é calculada, no caso mais geral, pela soma dos caudais que se escoam por uma brecha, pelo descarregador de cheias, sobre o coroamento da barragem e através das descargas de fundo e circuito hidráulico, (Viseu, 2008).

Tem-se assistido ao desenvolvimento progressivo de diversos modelos computacionais direccionados para a análise de rupturas de barragens, através da modelação matemática de um dado fenómeno físico, baseado em equações hidráulicas que representam esse fenómeno, procura-se representá-lo, traduzindo-o em relações matemáticas. Neste caso, os modelos calculam os valores dos níveis de água atingidos, das velocidades do escoamento, dos caudais e ainda dos instantes de chegada da cheia induzida às várias secções do vale a jusante. A modelagem matemática é uma importante ferramenta de planeamento e apoio à segurança das

barragens, uma vez que permite a simulação da ruptura hipotética de uma barragem e a propagação da onda decorrente do acidente.

3.5 Caracterização dos cenários de ruptura

Um cenário é uma representação simplificada da realidade com o principal objectivo de ajudar a compreender os problemas e a gravidade de um evento, através da descrição hipotética desse evento.

O Artigo 4º, alínea f) do DL nº 344/2007, define Cenário de acidente ou de incidente como a situação hipotética plausível que pode originar um acidente ou um incidente. O PEI deve indicar os possíveis cenários para a barragem em questão, que afectem a segurança do vale a jusante ou da envolvente da albufeira, quer pelas possíveis ondas de inundação que eventualmente possam induzir quer porque causem problemas ambientais.

Distingue-se dois tipos de situações:

- Acidente que possa vir a configurar ou não situação de ruptura;
- Incidente;

Não se podendo multiplicar os cenários a simular, é mais adequado estabelecer-se dois cenários, sendo um de ruptura e um de operação para a situação de ocorrência de cheia de projecto do descarregador de cheias:

O cenário 1 ou cenário de ruptura corresponde a um cenário que trace uma envolvente máxima para as áreas de risco a jusante, devendo ser utilizado para a implementação do sistema de alerta e aviso e do planeamento de emergência.

O cenário 2 ou cenário de ocorrência de cheia excepcional corresponde ao evento de afluições à albufeira que requeiram a capacidade total do descarregador. O instante inicial da simulação deverá ter em conta que o nível inicial da albufeira se situa no Nível de Pleno Armazenamento (NPA), devendo ser considerada a afluição de cheia de projecto, procurando abranger assim as situações mais exigentes de operação e funcionamento dos órgãos hidráulicos, (ANPC e INAG, 2009).

CAPÍTULO IV – METODOLOGIA ADAPTADA

No que respeita à metodologia, utilizou-se primeiramente métodos de recolha de informação indirecta, como a pesquisa bibliográfica. O recurso à fonte documental compreende a recolha de base de dados estatísticos, mapas e documentos oficiais que permitiram uma caracterização precisa para auxiliar na compreensão do problema a partir de referências publicadas sobre o assunto (publicações locais, artigos de especialidade, jornais). Numa fase seguinte, utilizam-se os métodos de recolha de informação directa, como a observação *in loco*, entre Janeiro e Maio de 2015, para a identificação dos elementos expostos, juntamente com entrevistas realizadas à população e a entidades competentes.

4.1 Aquisição dos dados

Para uma melhor visualização da metodologia adaptada, este trabalho teve que recorrer a uma forma arbitrária para a escolha das barragens, assim sendo, foram tidos em consideração alguns factores, a saber: barragens com o PEI aprovado, que tivesse alguma cartografia disponível, ou seja, a onda de inundação calculada e representada em SIG. Primeiramente, a escolha recaiu em três barragens (Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor – Escalão Jusante, Barragem de Cabril e Barragem de Gostei), mas depois de analisados e tratados alguns dados disponíveis, a barragem de Gostei teve de ser excluída do relatório por falta de alguns dados para uma conclusão final de análise de risco.

Depois de escolhidas as áreas de estudo, foi necessário contactar as câmaras municipais e as empresas responsáveis pela realização de cada plano, para averiguar se haveria disponibilidade em fornecer a cartografia que se sabia de antemão, ser extremamente detalhada (1:1000).

A câmara de Bragança e Torre de Moncorvo acederam ao pedido. A primeira câmara disponibilizou a informação, que tinha a nível de informação vectorial a segunda câmara não tinha qualquer informação informatizada. Dado que seria um processo extremamente moroso fazer a correcção manual dos dados. No que respeita à informação da cartografia detalhada dos concelhos abrangidos pelo plano da

barragem de Cabril, o município da Sertã facultou a informação pretendida e o município de Ferreira do Zêzere, respondeu que iria dar seguimento ao pedido efectuado, o mesmo aconteceu com a empresa EDP Produções no que diz respeito aos dados modelação matemática dos cenários de ruptura e até a data de término deste relatório não obtive qualquer informação.

4.2 Tratamento e Pré-processamento dos dados

Depois de escolhida a área de estudo, o próximo passo será o cruzamento do mapa de área inundada com mapas de ocupação do território, utilizando

- Cartas militares à escala 1:25000
- Imagens do Google Earth
- Dados estatísticos do INE (dados BGRI) - Anexo Informação BGRI
- Ortofotomapas à escala 1:10 000
- Trabalho de campo

Em Portugal, considera-se que o critério para definição da área de risco elevado corresponde a área em que a onda de inundação percorre em 30 minutos, um percurso mínimo de 5 km (Viseu, 2008), estes critérios definem a Zona de auto-salvamento (ZAS), de acordo com o RSB. No que concerne à definição da área de estudo neste trabalho o vale a jusante da barragem teve por base o conhecimento da área de inundada, mais concretamente a área da ZAS apresentada em cada Plano, correspondente ao cenário de acidente considerado no Estudo de Ondas de Inundação (Cenário), é através dessa informação que este trabalho irá se basear.

A análise de risco inclui a análise do perigo e análise possíveis de consequências. No contexto deste relatório, o procedimento metodológico adotado consiste na elaboração da cartografia de risco através da aplicação de uma matriz de risco adaptada (CNGRI, 2015), este processo foi desenvolvido com a colaboração de Luís Sá⁴. Assim para a realização desta matriz considerou-se os seguintes parâmetros:

- Limite – extensão da onda
- Profundidade (p) – altura máxima de submergência
- Velocidade (V) - velocidade máxima atingida
- Critérios adoptados, para ponderar as consequências em função dos elementos expostos (Tabela 3)
- Perigosidade (P) – função da altura máxima de submergência e velocidade de escoamento (Tabela 2)
- Risco – combinação entre a perigosidade e a natureza dos elementos expostos

Procurou-se utilizar uma metodologia acessível, para calcular a **(PH)** perigosidade hidrodinâmica para cada área de estudo, através da seguinte fórmula matemática:

$$\mathbf{PH = (V+0,5) * P}$$

Esta fórmula baseia-se no cruzamento da informação da velocidade (**V**) e da profundidade da onda (**P**), o primeiro indicador resulta da velocidade máxima atingida, juntamente com a ponderação de 0,5⁵ e o segundo obtêm-se através da altura máxima de submergência a observar num determinado lugar, num determinado tempo. O valor obtido dá a grandeza da perigosidade a uma onda de inundação para cada área de estudo, varia numa escala quantitativa em intervalos que variam entre 0 e 7. (Tabela 2).

⁴ Engenheiro da Divisão de Riscos e Ordenamento, ANPC

⁵ Valor Empírico desenvolvido pela CNGRI - Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações

Tabela 2 - Perigosidade hidrodinâmica da cheia (CNGRI, 2015)

Perigosidade P	Grau de perigosidade
>7	Risco muito elevado
2,5 - 7	Risco elevado
1,25 – 2,5	Risco médio
0,75 – 1,25	Risco baixo
<0,75	Risco inexistente

A exposição ao risco e a vulnerabilidade são representadas através de um mapa temático que expressa um método de representação cartográfica que tem como finalidade traduzir valores para as áreas; a exposição ao risco é representada através desse mapa com cinco categorias (muito alto, alto, médio, baixo e inexistente) (tabela 3)

Tabela 3 - Matriz de Perigosidade

Consequências	Perigosidade de cheia					Classes de Perigosidade		
		1	2	3	4	5		
1		I	I	L	L	M	I	Inexistente
2		I	L	M	M	H	L	Baixo
3		L	M	M	H	H	M	Médio
4		L	M	H	H	VH	H	Alto
5		M	H	H	VH	VH	VH	Muito Alto

Feito esse cálculo, de seguida verifica-se as consequências que esse mesmo risco tem na população e nos seus bens. Através do estudo da análise das respectivas consequências, é possível classificar o perigo potencial que correm as populações e as estruturas socioeconómicas que ocupam o vale a jusante e, se necessário, preparar medidas de alerta e protecção dessas populações, procurando minorar os efeitos da eventual ruptura da barragem.

A construção da carta de vulnerabilidade de risco de cheia refere-se a indicadores sociais, económicos, infra-estruturas e ambientais. Estes indicadores deverão traduzir as consequências prejudiciais que ocorrem no território aquando uma situação de ruptura. Quanto à sua determinação, a vulnerabilidade é uma

componente extremamente dispendiosa e complexa, deste modo, apresenta-se uma metodologia para determinar, assim, delimitou-se, dentro das áreas inundadas, as áreas residenciais, industriais, ou seja, todo o edificado que está dentro dessa área, e que correspondem a uma área de utilização específica (tabela 4). O critério consistiu na atribuição de valores de vulnerabilidade potencial para essas áreas (de 1 a 5, uma vez que não se dispunham de valores monetários do grau de perda) tendo em conta a componente humana, através dos dados o INE e os bens expostos às cheias, sendo o valor variável conforme a concentração humana e a potencial perda de bens.

Assim, considerou-se como classes mínima e reduzida exemplos de áreas de actividade agrícola abandonada, terrenos incultos ou até áreas em construção; na classe moderada as pequenas indústrias, instalações agrícolas, equipamentos públicos e privados (não abrangidos na classe de consequência Alta), redes viárias e ferroviárias e espaços associados, para a classe alta consagrasse critérios como equipamentos públicos e privados (edifícios sensíveis): quartéis dos bombeiros, Subestações, administração do estado, educação, saúde, segurança e justiça; Tecido urbano descontínuo esparso ou até mesmo o comércio. Na classe mais significativa classificada com um valor máximo verificamos as áreas residenciais.

Para construir a base de dados dos edifícios foram utilizados os dados dos censos 2011. Esta informação cedida pelo INE (Instituto Nacional de Estatística) é disponibilizada ao nível da BGRI (Base Geográfica de Referenciação de Informação) ou seja, subsecção estatística, o correspondente ao quarteirão em termos urbanos. Embora seja a representação mínima possível de uma subsecção, foi fulcral o trabalho de campo e a observação directa das estruturas, de modo a obter as características individuais de cada edifício. Mais de 50% dos edifícios foram validados no terreno, e cartografados como polígonos em ambiente SIG. A cada um dos polígonos foram atribuídos diferentes campos correspondentes a atributos do edifício (características gerais do edifícios, parâmetros de construção e áreas).

Tabela 4 - Ponderação das consequências em função dos elementos expostos a considerar na avaliação do risco (CNGRI, 2015)

Vulnerabilidade	Critério (designação)
Máxima 5	Tecido urbano contínuo Tecido urbano descontínuo
Alta 4	Indústrias abrangidas pelas Diretivas Seveso Comércio Parques de campismo Tecido urbano descontínuo esparso Infra-estruturas de produção de energia renovável Infra-estruturas de produção de energia não renovável Infra-estrutura de captação, tratamento e abastecimento de águas para consumo Infra-estruturas de tratamento de resíduos e águas residuais Equipamentos culturais e zonas históricas (património mundial, monumento de interesse nacional, imóveis de interesse público) Equipamentos públicos e privados (edifícios sensíveis): quartéis dos bombeiros, Subestações, administração do estado, educação, saúde, segurança e justiça
Moderada 3	Indústrias (não abrangidos na classe de consequência Alta) Instalações agrícolas Equipamentos públicos e privados (não abrangidos na classe de consequência Alta) Redes viárias e ferroviárias e espaços associados Terminais portuários de mar e de rio Aeródromos Equipamentos de lazer (não abrangidos na classe de consequência Alta) Estufas e viveiros, incluindo viveiros florestais Aterros, lixeiras e sucatas Zonas históricas (municipais) e sítios arqueológicos
Reduzida 2	Estaleiros navais e docas secas Marinas e docas pesca Minas a céu aberto Campos de golfe e restantes instalações desportivas Áreas em construção Áreas abandonadas em territórios artificializados Culturas temporárias de regadio
Mínima 1	Estacionamento e logradouros Parques e Jardins Cemitérios Pedreiras Zonas húmidas Áreas florestais Áreas agrícolas (não abrangidos na classe de consequência Media e Reduzida) Zonas protegidas, águas balneares e Perímetros de Protecção

4.3 Sistemas de Informação geográfica como ferramenta de análise de risco

A publicação do Despacho n.º 27660/2008, de 29 de Outubro, dos Ministérios da Administração Interna e do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, define a cartografia de risco como “...uma peça fundamental da elaboração do plano director municipal, condicionando as opções de ocupação e uso do território e permitindo a criação de condições de prevenção e gestão de riscos em estreita articulação com os planos municipais de emergência...”, considerando assim de extrema relevância os sistemas de informação geográfica.

Neste trabalho, as metodologias para a cartografia foram suportadas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O ArcGIS é um dos principais programas utilizados por vários profissionais nas diversas áreas onde existe necessidades de manipular, recolher e gerir informações geográficas. Inclui várias aplicações que permitem apoiar uma série de tarefas de SIG tais como o mapeamento, análise, adicionar dados, gestão de geodatabases, e partilhar informações geográficas. A plataforma ArcGIS baseia-se na estrutura de três aplicativos: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox, a utilização destas ferramentas, permite o desempenho de diversas tarefas, como a gestão de dados geográficos, construção de cartografia, análise espacial, edição avançada de dados e determinação de áreas potencialmente afectadas, assim utiliza - se, o programa ArcGis 10.2 da ESRI e também o programa Microsoft Office Excel, para a realização de tabelas, com objectivo de elaborar mapas temáticos recorrendo aos dados/informações das tabelas estatísticas e a representação gráfica com recurso a Ortofotomapas no sentido de permitir uma melhor percepção das áreas que poderão ser potencialmente inundadas em caso de ruptura.

O processo de construção dos mapas foi moroso, dado o elevado número de ortofotomapas que abrange as áreas de trabalho e a correcção de alguns erros apresentados nos dados vectoriais. Não foi possível, devido ao tamanho dos ficheiros, criar um ficheiro único com toda a informação, assim ao longo da análise dos elementos na onda da inundação, estes serão apresentados por seções para poder ter uma maior resolução, ao longo do trabalho parte-se de uma escala macro para uma escala micro, para serem atingidos os objectivos propostos.

A modelação da onda de inundação resultante da ruptura de uma barragem, já está calculada, com base nos modelos computacionais efectuados pela entidade competente à realização do PEI, e aprovada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), após parecer da ANPC. Os modelos de simulação concedem resultados que consistem nos valores máximos dos caudais de ponta de cheia, das velocidades máximas de escoamento, dos níveis máximos de escoamento e dos tempos de propagação do pico e da frente de onda, com os respectivos instantes de chegada a cada uma das secções do vale a jusante.

Os níveis máximos atingidos pelo escoamento permitem delinear as áreas a jusante onde ocorrem inundações, ou seja, definem o mapa de cheia.

A informação da caracterização dos aspectos sociais e económicos teve por base a Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI), em formato vectorial shapefile, desagregado ao nível de subsecção estatística (anexo Informação BGRI). Toda esta metodologia irá culminar numa caracterização dos aspectos mais significativos que podem ser, directa ou indirectamente, afectados num cenário de inundação originada pela possível ruptura da barragem, aspectos estes que irá permitir ao sistema de protecção civil a sua informação detalhada, de acordo com as necessidades e o dano potencial envolvido.

Este trabalho é desenvolvido em SIG, logo implica a georreferenciação dos dados, estando por isso subjacente um sistema de referenciação, seja ele um sistema de coordenadas cartográficas ou geográficas. Assim, neste trabalho optou-se por proceder à projecção definitiva dos dados para um único sistema. Os diferentes dados utilizados neste projecto encontravam-se georreferenciados em diferentes sistemas coordenados (e.g. coordenadas geográficas com Datum WGS84, Hayford-Gauss Militar e ETRS89/PT-TM06). A base cartográfica utilizada neste trabalho (Ortofotomapas) encontra-se georreferenciada no sistema ETRS89/PT-TM06, tendo a opção recaído sobre esse sistema, passando assim a grande maioria dos dados recolhidos também para esse sistema de coordenadas. A projecção foi realizada com o auxílio da ferramenta Projections and transformations do ArcGis, utilizando sempre os parâmetros de projecção mais recentes.

CAPÍTULO V – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 Enquadramento da Barragem de Cabril

A barragem do Cabril localiza-se no rio Zêzere entre os concelhos de Pedrogão Grande e Sertã, a bacia hidrográfica tem uma área de 2422 km². A onda de inundação abrange, três distritos – Leiria, Santarém e Castelo Branco – e nove concelhos, nomeadamente, Abrantes, Sardoal, Tomar, Ferreira do Zêzere, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Pedrógão Grande, Vila de Rei e Sertã e vinte e sete freguesias abrangendo uma área de 28200,1 km², encontra-se distribuída pela Unidade Territorial da Região do Centro. De acordo com a classificação do INE de 2010, na área de inundação registam-se 13 freguesias caracterizadas como Áreas Medianamente Urbanas (AMU) e 14 freguesias são caracterizadas como Áreas Predominantemente Urbanas (APU) (INE, 2010) (tabela 1 – anexo). No que concerne à população verifica-se na tabela 5 que a população residente traduz o conjunto de pessoas que, independentemente de estarem presentes ou ausentes, vivem no seu local de residência habitual; este indicador constitui uma boa aproximação da população que se encontra em determinado lugar no período nocturno. Por outro lado, a população presente representa o conjunto de pessoas que se encontra numa unidade de alojamento, mesmo que aí não resida.

Tabela 5 – Principais indicadores demográficos das freguesias abrangidas pela área de estudo, INE – 2011

Região/Freguesia	População presente (N.º)	População residente (N.º)
Centro	2258474	2327755
Arega	850	870
Figueiró dos Vinhos	9218	9597
Bairradas	464	487
Graça	771	786
Pedrógão Grande	6306	6465
Carvalhal	451	465
Castelo	896	1046
Cernache do Bonjardim	2886	3052
Pedrógão Pequeno	723	753

Em relação à barragem de Cabril, a área estudada diz respeito às freguesias que são abrangidas pela onda de inundação na Zona de Auto-Salvamento definida no ponto 3.2 – Legislação Nacional, corresponde a uma área da barragem onde a acção dos agentes de protecção civil se torna mais difícil, porque é a que mais rapidamente fica inundada. É nesta área que surge o princípio do auto-salvamento como meio de evacuação e é levado em consideração; ou seja: em caso de acidente, o alarme deve ser directamente dado pelo sistema de aviso da barragem e as pessoas (que devem conhecer os locais de refúgio) deverão dirigir-se autonomamente para os locais seguros.

Tendo em conta as características da barragem do Cabril considerou-se o cenário mais plausível de ruptura do corpo da barragem, que corresponde a uma ruptura total em poucos minutos (Figura 9).

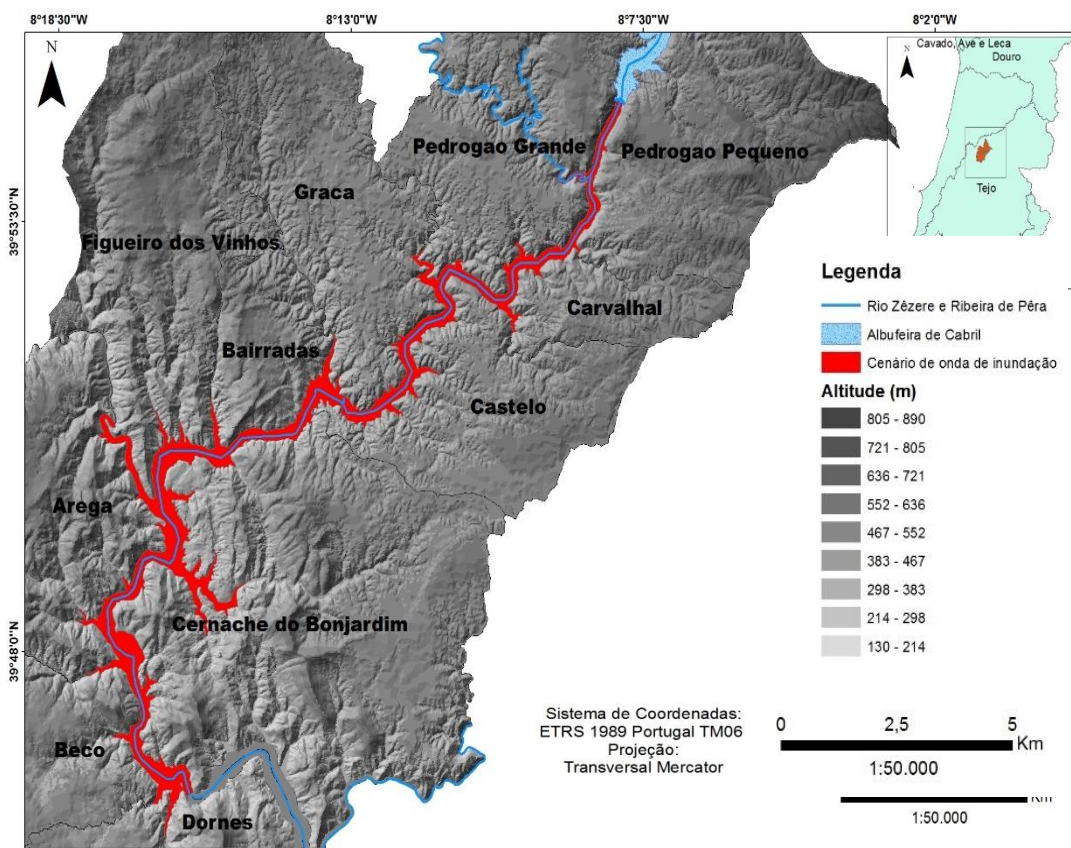


Figura 9 - Mapa do enquadramento das áreas inundáveis da barragem de Cabril

5.2 Enquadramento do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor

A Barragem do Escalão de Jusante do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS) está situada no concelho de Torre de Moncorvo, distrito de Bragança, no troço inferior do rio Sabor, afluente da margem direita do rio Douro entre as barragens do Pocinho e da Valeira. Esta situa-se a cerca de 3,5 km a montante da confluência do Sabor com o Douro e a 0,5 km da a montante da confluência do Sabor com a Ribeira da Vilariça. Localiza-se ainda a aproximadamente 2 km a montante da barragem a ponte que estabelece a ligação rodoviária entre a povoação da Horta da Vilariça e Torre de Moncorvo. A onda de inundação abrange três distritos – Bragança, Guarda e Viseu – e cinco concelhos, de montante para jusante nomeadamente Carrazeda de Ansiães, Torre de Moncorvo, Vila Flor, Vila Nova de foz Coa e São João da Pesqueira, insere-se na Região Norte (NUTS II) e na sub-região Douro (NUTS III). No que respeita à área de estudo, neste trabalho só se irá abordar os concelhos de Carrazeda de Ansiães, Torre de Moncorvo, Vila Flor, Vila Nova de foz Coa (figura 10).

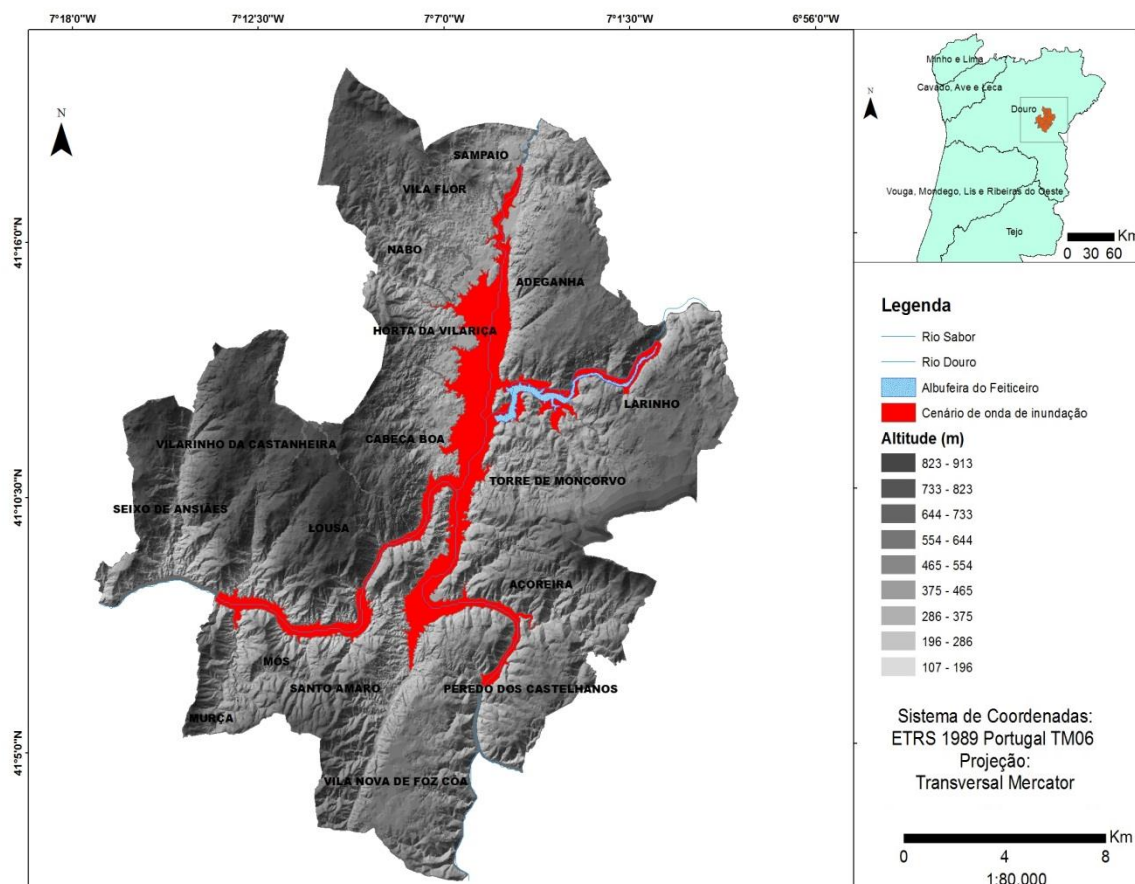


Figura 10 - Mapa do enquadramento das áreas inundáveis do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor

Na tabela 6 podemos verificar dados relativos à população presente e residente, estes indicadores mostram a aproximação à caracterização funcional, em termos da função mais prevalente nas diferentes unidades espaciais (residencial e ocupacional). Tal como no 5.1 Enquadramento da Barragem de Cabril, neste ponto estes dados da população assumem um carácter importante.

Observa-se que a região em estudo é na sua maioria pouco povoada e com fracas áreas de urbanização, com excepção de duas freguesias que são sede de concelho, designadamente: Torre de Moncorvo e Vila Nova de Foz Côa.

Tabela 6 – Principais indicadores demográficos das freguesias abrangidas pela área de estudo, INE – 2011

Região/Freguesias	População presente (N.º)	População residente (N.º)
Norte	3583442	3689682
Açoreira	522	524
Adeganha	334	343
Cabeça Boa	437	428
Horta da Vilariga	311	310
Larinho	371	365
Lousa	341	358
Mós	425	436
Murça	98	107
Nabo	140	144
Peredo dos Castelhanos	111	111
Sampaio	152	159
Santo Amaro	49	50
Seixo de Ansiães	284	290
Torre de Moncorvo	11233	11463
Vila Nova de Foz Côa	10031	10509
Vilarinho da Castanheira	397	415

Segundo a tipologia das áreas urbanas do INE, 4 das 21 freguesias abrangidas pela área de inundação estão classificadas como “Área Medianamente Urbana” (AMU), tais como Torre de Moncorvo, Vila Flor, Vila Nova de Foz Côa e São João da Pesqueira, as restantes 17 estão classificadas como “Área Predominantemente Rural” (APR), (figura 11).

	NUTS II	NUTS III	Concelho	Freguesia	Tipologia das Áreas Urbanas	Tipologia de Povoamento
Rio Sabor e margem direita do rio Douro	Norte	Douro	Torre de Moncorvo	Adeganha	APR	C
				Horta da Vilarça	APR	C
				Cabeça Boa	APR	C
				Lousa	APR	C
				Torre de Moncorvo	AMU	C
				Açoreira	APR	C
			Vila Flor	Vila Flor	AMU	C
			Carrazeda de Ansiães	Vilarinho da Castanheira	APR	C
				Seixo de Ansiães	APR	C
				Beira Grande	APR	C
Lavandeira	APR	C				
Linhares	APR	C				
Margem Esquerda do rio Douro	Norte	Douro	Vila Nova de Foz Côa	Vila Nova de Foz Côa	AMU	C
				Santo Amaro	APR	C
				Mós	APR	C
				Murça	APR	C
				Seixas	APR	C
				Numão	APR	C
				Custóias	APR	C
				São João da Pesqueira	Vale de Figueira	APR
			São João da Pesqueira	AMU	C	

Figura 11 – Repartição das freguesias segundo a Tipologia das Áreas Urbanas, extraído do PEI AHBS – escalão de Jusante, 2012

Na figura 12, detalha e ilustra as características do povoamento, do uso e ocupação do solo e infra-estruturas na área em estudo.



Figura 12 – Vale do Sabor - área agrícola de Cabeça Boa

5.3 Elaboração da Cartografia de Risco

O risco é entendido como a probabilidade da ocorrência dos efeitos adversos num determinado elemento ou conjunto de elementos expostos presentes no território. A cartografia de risco é produzida com o objectivo de integrar um plano e assim cooperar na implementação de acções de prevenção. Esta cartografia procura assim, reflectir a localização e caracterização de barragens, potenciais causadores de situações de acidente grave, consoante a magnitude e a intensidade.

Nos pontos seguintes, procede-se à demarcação na área de risco das regiões susceptíveis de serem inundadas, a distância de alguns pontos vulneráveis à barragem, o efeito do poder destrutivo da onda, a avaliação da perigosidade e vulnerabilidade dos elementos expostos.

Ao longo do trabalho regista-se um elevado número de dados, optou-se por escolher algumas áreas representativas do local estudado. Este trabalho assumiu o desafio de produzir informação a diferentes escalas de actuação (ao longo de toda a área inundada dentro da ZAS e a nível local).

5.3.1 Propagação da onda de inundação

Segundo Viseu (2008) as cheias induzidas são frequentemente mais perigosas do que as cheias naturais, devido à existência de uma barragem a montante que pode dar a percepção de uma falsa segurança à população e, resultar, no esquecimento de práticas correntes e tradicionais de prevenção de cheias; e igualmente por poderem ser macro-cheias (caracterizadas por valores pouco usuais de alturas de água e de velocidades do escoamento) ou ainda cheias abruptas, cuja subida dos níveis de água é mais rápida do que a subida associada a uma cheia natural, o que diminui o tempo disponível para avisar e evacuar as pessoas.

O zonamento de risco deve ser definido tendo em conta as características da cheia induzida, nomeadamente do valor máximo da altura da água e o tempo de chegada da onda (figura 13 e 14). A onda deverá ter um poder mais destrutivo nos primeiros 10 minutos representativo através da cor vermelha e laranja nas figuras pois regista-se um elevado caudal em poucos minutos. Este tempo de chegada da onda condiciona o tempo de aviso às populações.

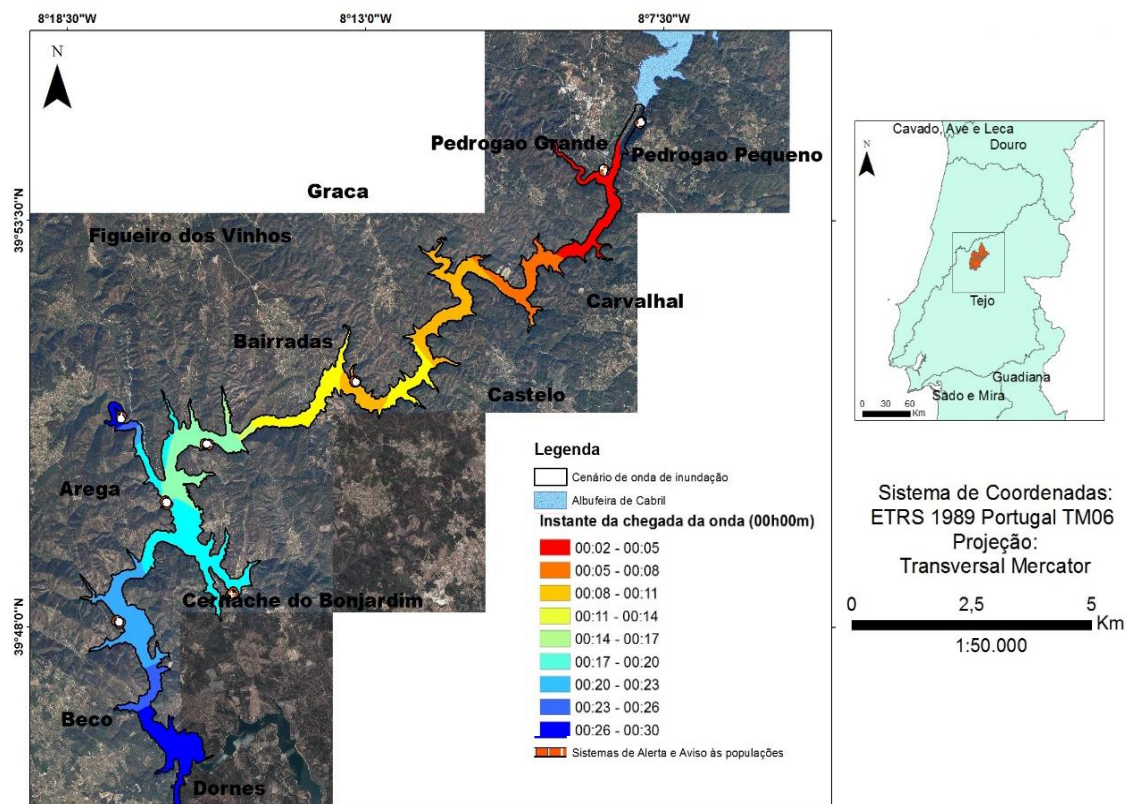


Figura 13 – Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros da barragem de Cabril

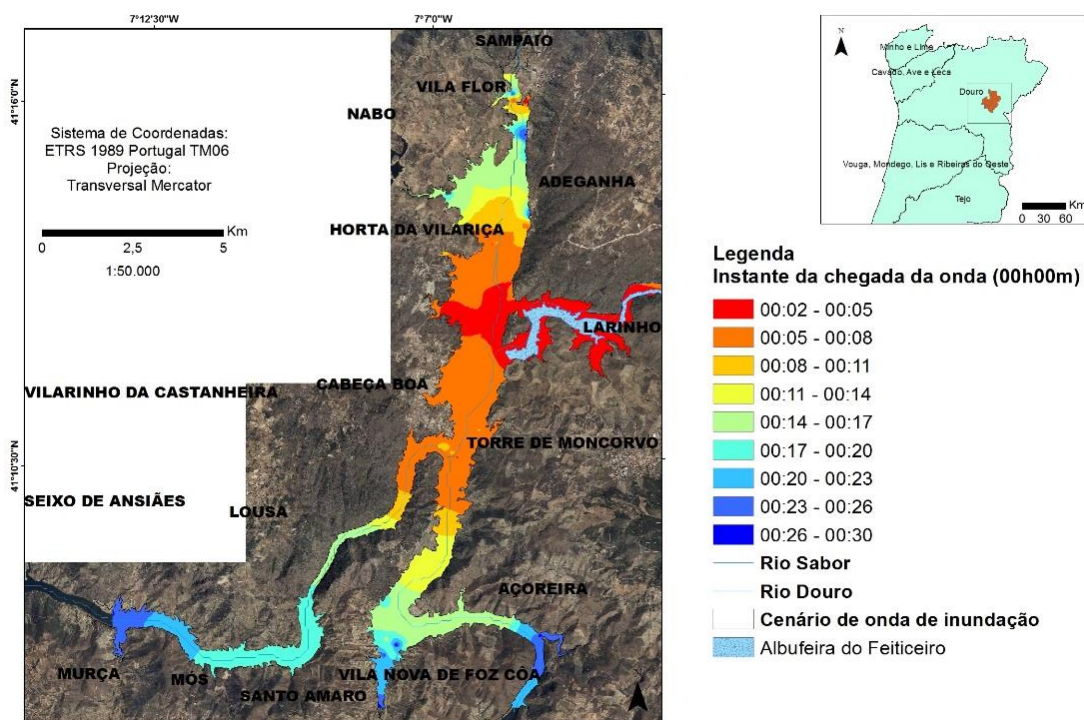


Figura 14 - Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor

A variável tempo de chegada da onda de inundação é estabelecida em três fases de referência. Inferior aos 50 minutos a seguir à ruptura, correspondendo à Zona de Auto salvamento (ZAS); entre os 50 minutos e as 2 horas correspondendo à Zona de Intervenção Principal (ZIP), nesta área o aviso à população deve ser desencadeado pelas autoridades de protecção civil, devem ser concentrados os esforços dos serviços de protecção civil para que as diversas operações de socorro sejam benéficas, nomeadamente a nível do aviso e da evacuação das populações em risco; e superiores a 2 horas (Zona de Intervenção Secundária – ZIS), que corresponde à área para a qual se admite existir mais tempo disponível para o aviso e a (eventual) evacuação segura das populações; é também da responsabilidade da protecção civil, não sendo esperada a ocorrência de quaisquer vítimas mortais (Viseu, 2008).

Estes dois pontos finais poderão ser uma base para futuros trabalhos que permitam o aprofundamento destas temáticas a nível de serviços de Protecção Civil. No entanto, existe outras características da onda que poderão também ser tidas em conta, nomeadamente a velocidade do escoamento (que dá uma ideia do seu poder destrutivo), a velocidade média de subida do nível da água ou gradiente da altura do escoamento e a duração das submersões (que permite avaliar os custos materiais).

5.3.2 Sistema de Alerta e Aviso

O Sistema de Alerta e Aviso (SAA) compreende a nomeação de indivíduos e entidades que deverão ser notificadas e também os meios que assegurarão a comunicação em caso de emergência. Deverá ser accionado de acordo com os níveis de alerta consequentes com a detecção de circunstâncias excepcionais e de ocorrências anómalas identificadas e tipificadas (Viseu, 2008). Segundos os planos de cada barragem deverá ser constituído por um ponto de aviso local junto à barragem e diversos pontos de aviso remotos situados na Zona de Auto-Salvamento (figura 15). Neste trabalho foi identificado os sistemas de Alerta e Aviso ao longo da área de inundação e a respectiva área abrangida pelos mesmos. Depois de trabalho de campo efectuado verifica-se que os sistemas estão na proximidade de pontos altos, pontos para onde a população possa deslocar-se com rapidez pelos seus próprios meios após os sinais de aviso serem accionados, considerando assim que a perigosidade do vale a jusante da barragem é minimizada.

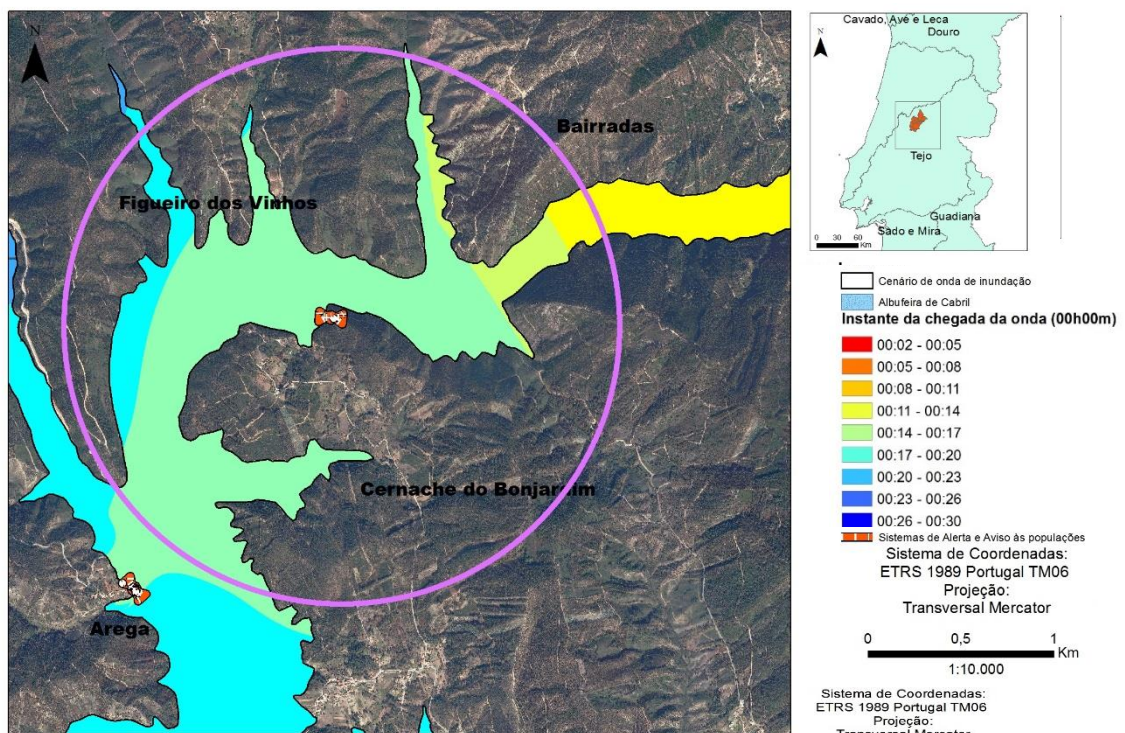


Figura 15 – Instante da chegada da onda e avisos e sinais sonoros da Barragem de Cabril

5.3.3 Análise da Perigosidade

A cartografia de perigosidade representa a delimitação de áreas onde a inundação pode ocorrer, desagregada por diferentes graus de probabilidade, associando informações como a extensão da inundação, a profundidade e a velocidade (De Moel et al., 2009).

A Figura 16 e 17 ilustram alguns dos resultados obtidos após modelação da perigosidade para as áreas em estudo. Elas representam os resultados da delimitação da área inundável para cada barragem, nos cinco níveis da matriz de perigosidade referidos na metodologia. O resultado final obteve-se através do cruzamento dos dados da velocidade máxima (m/s) juntamente com a ponderação de 0,5 e altura máxima de submergência de cada ponto assinalado, para poder obtém os níveis de perigosidade hidrodinâmica (tabelas 8 e 10 – Anexo). Nesta área atinge-se níveis consideravelmente elevados no leito do rio diminuindo para os pontos afluentes da área inundada, como é expectável pois é uma área a jusante da barragem, que sofre com o impacto sob a forma de cheias rápidas, decorrente da onda de ruptura de barragem.

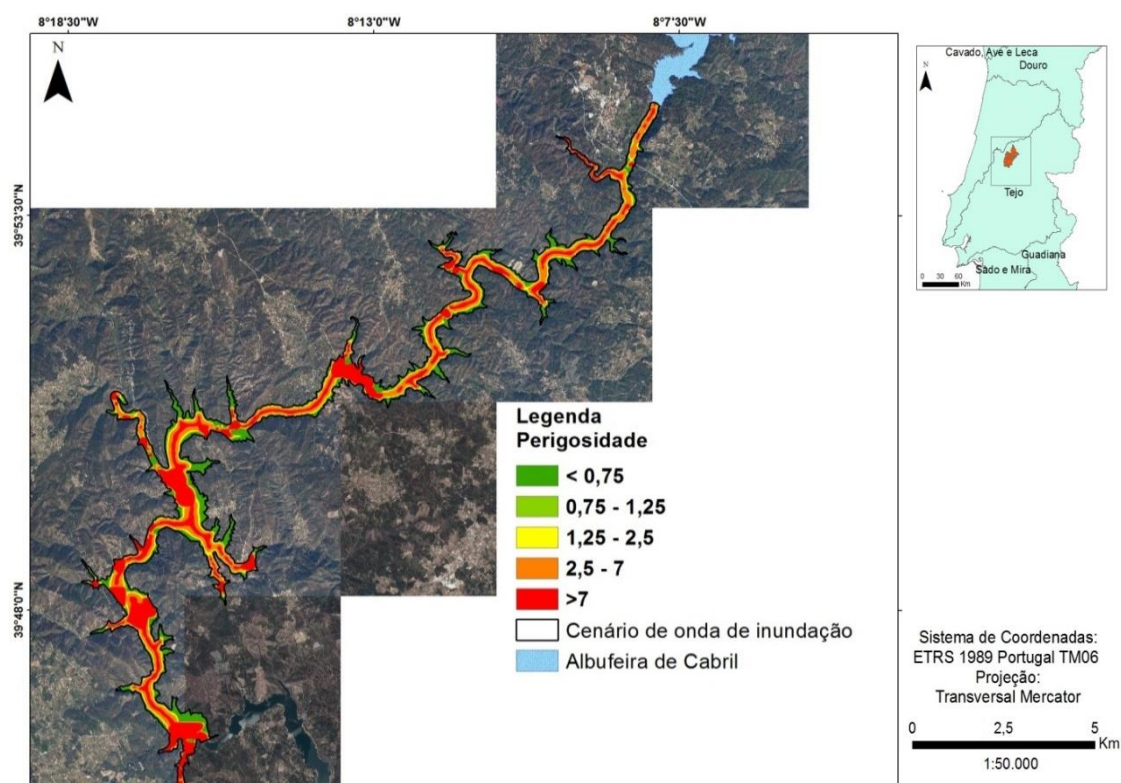


Figura 16 – Mapa de Perigosidade da barragem de Cabril

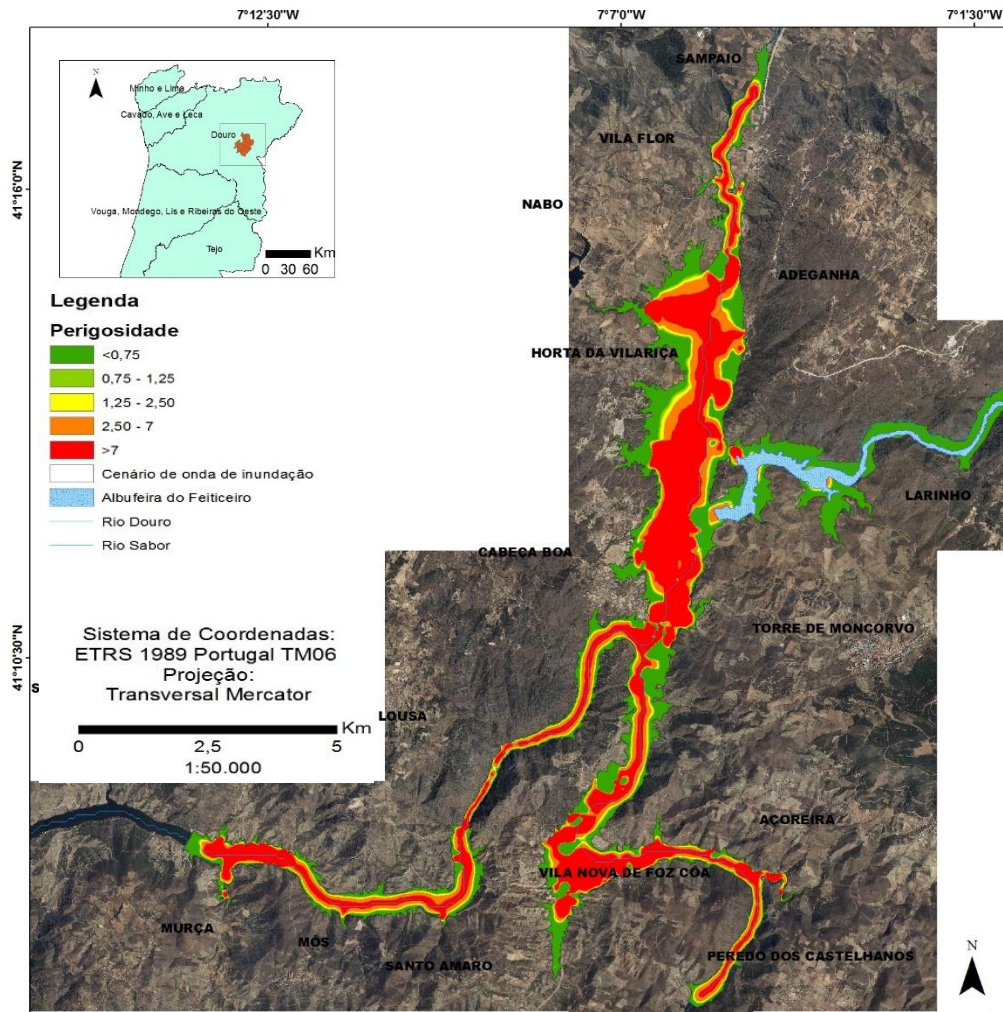


Figura 17 – Mapa de Perigosidade do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor

Nas imagens abaixo pode – se verificar a caracterização da perigosidade e o lugar de Foz de Alge (figura 18) e na Foz do Sabor (figura 19) são uns dos pontos críticos de cada rio, aqui as águas podem atingir níveis consideráveis junto à margem devido à capacidade de encaixe no leito do rio. Estes mapas permitem obter, para o episódio de inundação referente à ruptura, as áreas que são inundadas, ou seja, relativamente aos mapas da profundidade e velocidade utilizados no cálculo da perigosidade foi considerado que os danos materiais e o perigo representado para as populações aumentam directamente com a profundidade e velocidade atingida pela água. O valor de perigosidade hidrodinâmica abaixo de 1,25 representa um incómodo maior, continuando a permitir salvaguardar os bens materiais e não pondo em perigo vidas.

Entre 1,25 e 2,5 representa perigo para os elementos que estejam nessa área, no entanto, a partir de um cálculo de perigosidade hidrodinâmica acima de 7, o perigo é elevado, tornando-se extremamente difícil, toda esta perigosidade terá em linha de conta o instante é que a onda poderá atingir cada lugar.

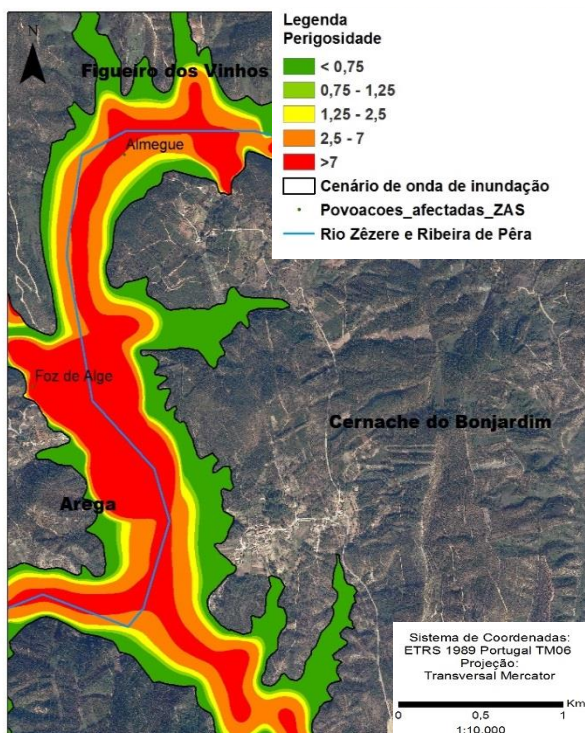


Figura 18 – Excerto do Mapa de Perigosidade da Barragem de Cabril – Foz de Alge

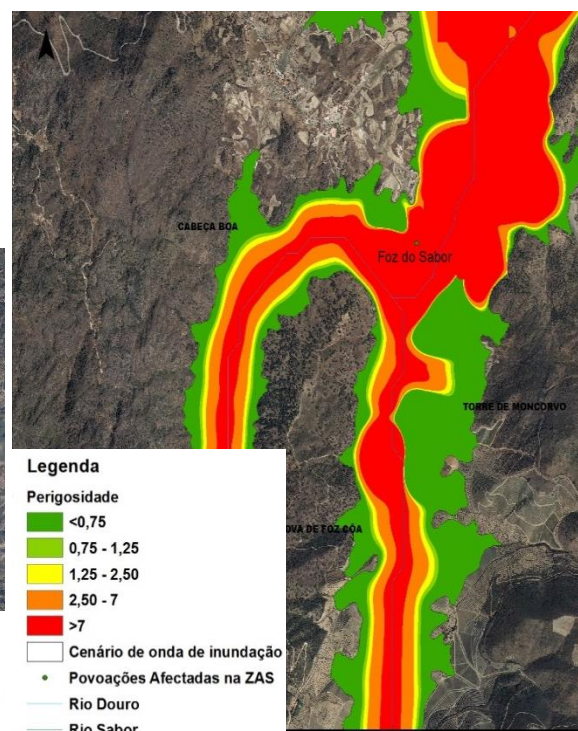


Figura 19 – Excerto do Mapa de Perigosidade da AHBS – Foz do Sabor

5.3.4 Análise da Vulnerabilidade

A análise da vulnerabilidade abarca um conjunto mais complexo de dados. Inicialmente admitiu-se que se conseguiria ter acesso a dados oficiais essenciais para o desenvolvimento da análise quantitativa social e económica da área de estudo, nomeadamente dados do edificado ao qual estivesse associada informação como a sua funcionalidade, a presença de residências, comércio, serviços e indústria, assim como o número de pessoas que lhe estariam afectos. Dada essa informação não estar disponibilizada, analisou-se o indicador edificado, permitindo verificar quantos edifícios potencialmente poderão ser afectados dentro do limite da área inundada. Relativamente aos edifícios, não foi tomada em consideração a sua tipologia, podendo estes abranger desde complexos industriais, residências, anexos, etc.

No que respeita à área de estudo analisada na Barragem de Cabril pode-se concluir que existe um total de 233 edifícios construídos ao longo da área inundada (figura 20). No Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor foi registado um total de 212 edificados (figura 21).

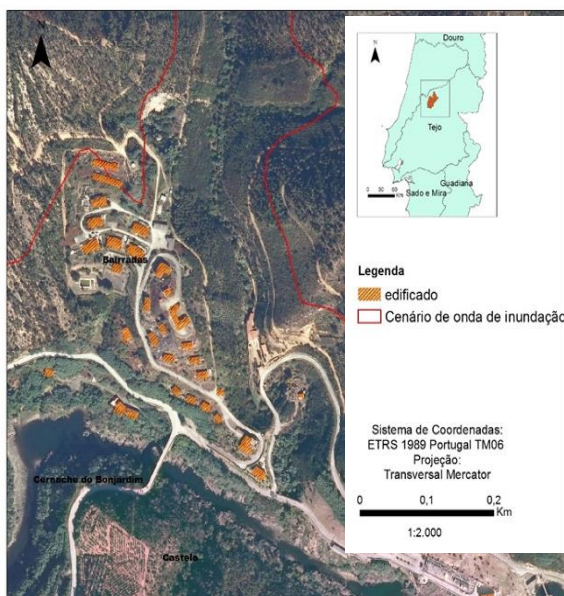


Figura 20 – Excerto do Mapa de edificado da Barragem de Cabril

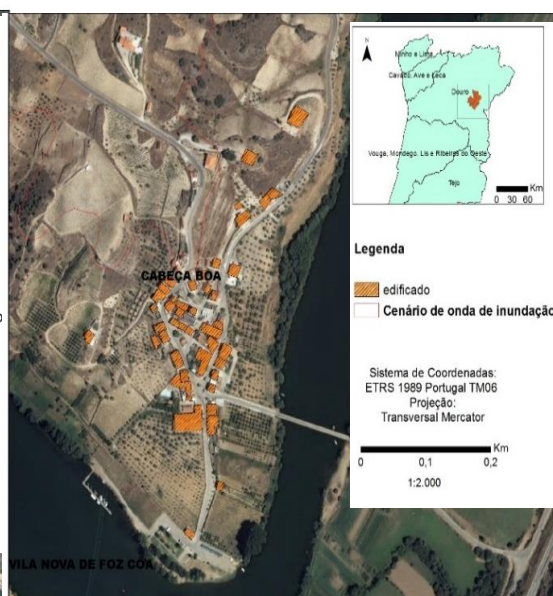


Figura 21 – Excerto do Mapa de edificado do AHBS

Depois de se delimitar, dentro das áreas inundadas, as áreas residenciais, industriais, agrícolas em actividade e sem actividade, o próximo critério consistiu na atribuição de valores de vulnerabilidade potencial para essas áreas (de 1 a 5, uma vez que não se dispunham de valores monetários do grau de perda) tendo em conta a componente humana e os bens expostos à inundação resultante da ruptura de cada barragem, sendo o valor variável conforme a concentração humana e a potencial perda de bens. Consideraram-se cinco classes de vulnerabilidade: 1.ª (vulnerabilidade mínima), áreas de actividade agrícola abandonada, terrenos incultos; 2.ª (vulnerabilidade reduzida), áreas agrícolas e jardins; 3.ª (vulnerabilidade moderada), equipamentos de lazer, redes viárias de ferroviárias; 4.ª (vulnerabilidade alta) comercio, infra-estruturas de captação, tratamento e abastecimento de água para consumo, equipamentos públicos e privados (edifícios sensíveis). A cada classe foi atribuído um valor, de 1 para vulnerabilidade baixa a 5 para vulnerabilidade elevada (figuras 22 e 23).

No que respeita à componente humana nesta análise deu-se particular importância à população jovem e idosa, pois são populações mais vulneráveis expostas a uma onda de inundação. Foi necessário conciliar uma base alfanumérica censitária com uma base territorial administrativa recente, mais concretamente informação estatística da Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI) proveniente do Censos 2011, levado a cabo pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), com a informação geográfica relativa à Carta Oficial Administrativa de Portugal (CAOP) de 2013 apesar de apresentar algumas incompatibilidades.

A análise evidencia um elevado número de vias rodoviárias afectadas – algumas delas estruturantes no contexto municipal, sobretudo os que efectuam a ligação entre aglomerados populacionais. As figuras 22 e 23 apresentam alguns elementos expostos ao risco de ruptura da barragem e em anexo apresenta-se algumas fotografias identificativas dos locais assinalados com os números 1,2 e 3 e uma lista mais detalha de todos os elementos identificados no trabalho.

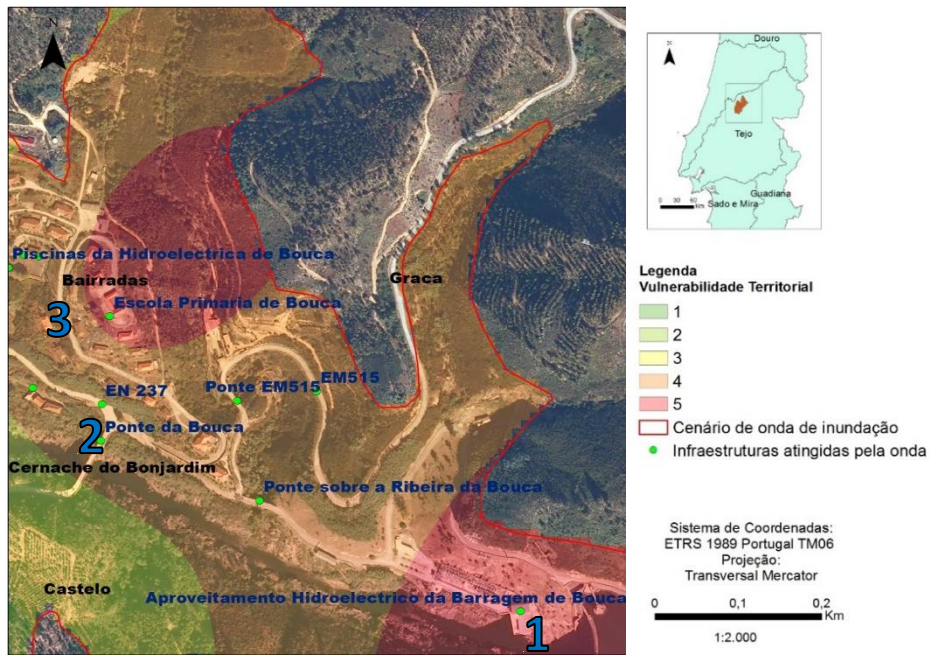


Figura 22 – Excerto do Mapa de vulnerabilidade e elementos expostos da Barragem de Cabril

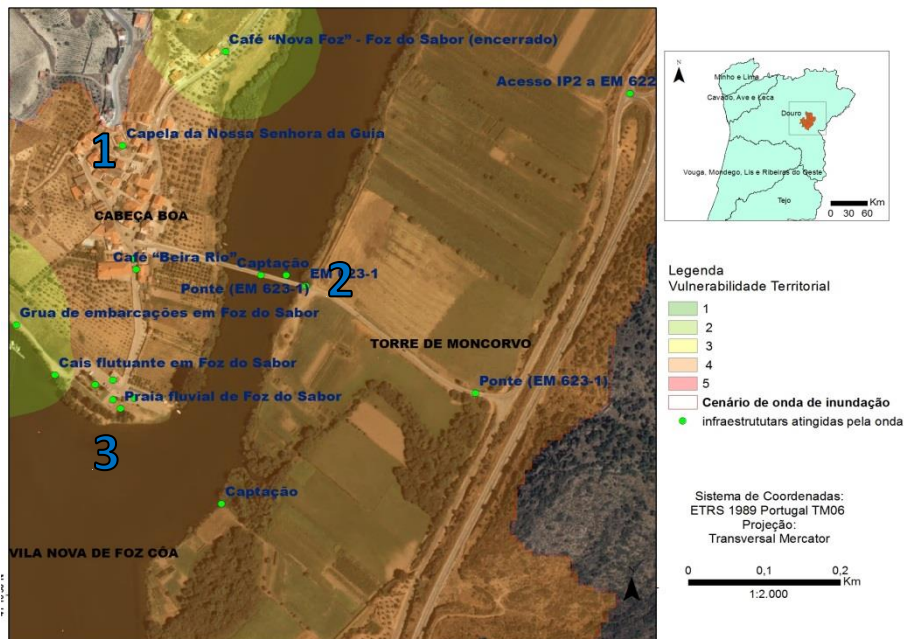


Figura 23 – Excerto do Mapa de vulnerabilidade e elementos expostos do AHBS

CAPÍTULO VI – MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

A ocorrência de uma ruptura de barragem resulta, assim numa onda de inundação e está directamente ligada à relação dos conceitos perigosidade e a vulnerabilidade.

O planeamento de emergência interno (a nível da barragem) e externo (a nível do vale a jusante) é o principal passo para mitigar o risco, é através dos métodos aplicados e da identificação dos meios e recursos que são necessários para garantir a concretização das fases consideradas de um plano de emergência que se consegue uma adequada gestão da emergência.

O risco pode ser mitigado investindo-se na prevenção, através de medidas estruturais e não estruturais, reduzindo a probabilidade de ocorrência de um acidente.

As primeiras medidas dizem respeito à manutenção das barragens; deverão ser cumpridos os processos de vistoria das condições de segurança das mesmas, e de intervenções de manutenção e reforço das estruturas a conservar. As segundas medidas dizem respeito à detecção, em tempo útil, de ocorrências danosas. Para além da prevenção, pode-se reduzir o risco através da preparação; medidas de acção que permitam adequar actividades no sentido de assegurar uma resposta efectiva e actuar de forma eficaz, através de treino (nos agentes de protecção civil e também nas populações) permitindo assim que antes e durante um evento, os danos possam ser minimizados, promover a informação das populações através de acções de sensibilização, tendo em vista a sua preparação, implementando uma cultura de autoprotecção. Outra medida é a redução do grau de vulnerabilidade do vale a jusante, interditando a construção de edifícios a jusante das barragens, é importante não haver uma ocupação em áreas inundáveis; medidas a nível do comportamento de indivíduos, através de legislação e normas de ordenamento do território, neste caso é de salientar a importância dos mapas de inundação disponíveis a nível do município, estes mapas deverão ser considerados uma medida chave para o ordenamento do território, por forma a conhecer as áreas que apresentam riscos consideráveis. Deverão estes ser integrados nos Planos Directores Municipais (PDM), por forma a ser minimizado o risco socioeconómico desses espaços.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho aborda um tema de elevada importância tanto a nível científico como a nível de apoio à decisão no que respeita a segurança nos vales a jusante de uma barragem.

No decurso do trabalho verificaram-se diversos problemas, nomeadamente ao nível de informação de base para a concretização dos objectivos propostos, destacando-se: a dificuldade na aquisição de dados, verificaram-se algumas limitações e entraves, relacionados com a aquisição de informação de elevada qualidade, devidamente georreferenciada e validada. A aquisição de dados necessários a uma visão clara dos problemas requer a cooperação entre as várias entidades responsáveis, pois a utilização de boas bases de dados é essencial à tomada de decisões. Para tal verificou-se que não existe consonância nos termos aplicados em cada plano abordado [onda de inundação/onda de cheia], ao analisar os PEI a empresa TETRAPLANO utiliza o primeiro e os elaborados pela EDP utiliza o segundo, além disso os dados disponibilizados por ambas as empresas não cumprem os mesmos critérios, dificultando assim a análise pretendida neste trabalho.

Apesar dos resultados obtidos, é importante ter em consideração que os mapas de perigosidade têm subjacente um factor de incerteza e, por isso, não são perfeitos, pelo que é necessário ter plena consciência disso mesmo.

A incerteza está associada ao facto de se lidar com um fenómeno imprevisível, mas também, com a precisão dos modelos cartográficos utilizados e até com os dados de origem ou ainda com a ausência de dados mais precisos. Os resultados apresentados são importantes para o ordenamento do território, já que contribuem para a melhoria do conhecimento das áreas problemáticas em termos de perigosidade e de elementos expostos. Desta forma, é possível estabelecer e propor restrições adequadas à construção ao longo da planície aluvial, considerando o grau de perigosidade associado a determinada área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. B. (1996), *“Segurança a jusante de barragens e a aplicação dos regulamentos de segurança. Projecto NATO PO-FLOODRISK”*, Seminário Segurança de Barragens Portuguesas em Serviço, Lisboa, LNEC
- Almeida, A. B.; FRANCO, A. B.(1993),*“A rotura de barragens como causa das cheias induzidas pelo Homem”*. Simpósio sobre Catástrofes Naturais, Lisboa, LNEC
- Almeida A. B.; VISEU T. (1997), *“Dams and Safety Management at Downstream Valley”* Balkema, Lisboa.
- Almeida, A. B. (2003), *“ A Gestão do Risco em Sistemas Hídricos. Conceitos e Metodologias Aplicadas a Vales com Barragens”*. 6º Silusba. Cabo Verde
- Almeida, A. B. (2004) *“O conceito de risco socialmente aceitável como componente crítico de uma gestão do risco aplicada aos recursos hídricos”*. 7º Congresso da Água, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, LNEC
- ANPC & INAG (2009), *“Guia de Orientação para Elaboração de Planos de Emergência Internos de Barragens”*. Cadernos Técnicos PROCIV, n.º 5. ANPC e INAG, Carnaxide
- Bell , R. e Glade, T. (2004), *“Quantitative risk analysis for landslides - Examples from BÍldudalur”*. NW-Iceland. Natural Hazards and Earth System Sciences
- CNGRI, (2010) Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações - Decreto-lei 115/2010, de 22 de Outubro, Lisboa
- CNGRI, 2015, *“Plano de gestão dos riscos de inundações, Região Hidrográfica 3 – Douro”*, Agência Portuguesa do Ambiente
- Dooge, J. (2004), *“Water and ethics: ethics of water-related disasters”*, UNESCO, Saint-Denis, Paris, p. 29
- DE MOEL, H., et al. (2009), *“ Flood maps in Europe - methods, availability and use”*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 289-301
- Franco, A. B. (1996), *“Modelação computacional e experimental de escoamentos provocados por roturas em barragens”*. Tese submetida para obtenção do grau de Doutor em Engª Civil pela Universidade Técnica de Lisboa

- Hendron, A. J. Jr. & Patton, F. D. (1985) - The Vaiont slide, a geotechnical analysis based on new geologic observations of the failure surface. US Army Corps of Engineers, Technical Report GL-85-8, Washington
<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a158193.pdf>
- Julião R.P. (coord.), (2009), "*Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal*", ANPC, DGOTDU, IGP, Lisboa.
- Pimenta, L. (2008), "*Abordagens de riscos em barragens de aterro*", Tese de doutoramento, IST, Lisboa
- Quivy, R., Campenhoudt, L. V. (2008), "*Manual de Investigação em Ciências Sociais*". Lisboa: Gradiva.
- Ramos, C.M.; Melo, J.F. (1994), "*Segurança de Barragens. Aspectos hidráulicos e operacionais*", LNEC, Lisboa
- Ribeiro, V. (1997). "*Ondas de inundação. Critérios gerais e apresentação de resultados*", Jornada Técnica, Risco e Gestão de Crises em Vales a Jusante de Barragens, Projecto NATO POFLOODRISK, LNEC, Lisboa
- RSB, (2007), "*Regulamento de Segurança de Barragens - Decreto-Lei nº 344/2007, de 15 de Outubro*", Lisboa.
- Sá, L. (2007), "*Regulamento de Segurança de Barragens e a Proteção Civil*", Autoridade Nacional de Proteção Civil, Carnaxide
- Santos, J. A. B. et al. (2007) – "Risco associado à ruptura por galgamento de barragens em aterro". *Ingeniería del agua*, Vol. 14, p. 269-278
- Viseu, Maria T. (1996), "*Análise do risco associado às roturas das barragens do Funcho e do Arade. Utilização do modelo Dam Break*". Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa - IST.
- Viseu, Maria T. (2008), "*Segurança dos vales a jusante de barragens. Metodologias de apoio à gestão do risco*". Tese de doutoramento em Engenharia Civil, IST, Lisboa
- Viseu, Teresa e Almeida, A. B. (2009), "*Dam-break risk management and hazard mitigation*". Capítulo 7 do livro "Dam - break. Modelling, Laboratory Tests, Prevention, Defence and Case Studies" publicado pela WIT press ("editors": D. De Wraichien and S. Mambretti).

Viseu, Teresa e Almeida, A. B. (2011), “*Gestão do risco nos vales a jusante de barragens*”. *Territorium: Revista Portuguesa de riscos, prevenção e segurança*. Nº 18, Coimbra

Zêzere, J., Ramos, C., Reis, E. e Melo, R. (2009).” *Avaliação de perigos naturais, tecnológicos e ambientais no ordenamento do território da Área Metropolitana de Lisboa. VII Congresso da Geografia Portuguesa. Trunfos de uma Geografia Activa*”, Coimbra, p. 74

WEBGRAFIA

http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GAn_Casos/Vaiont/Vaiont_1.html - Barragem de Vaiont – Itália

<https://geograficamente.files.wordpress.com/2013/09/dopo-la-frana-il-disastro.jpg> - Barragem de Vaiont – Itália

<http://temi.repubblica.it/UserFiles/corrierealpi-diga-del-vajont-1963-2013-il-cinquantenario/Image/FRANAdopo.jpg> - Barragem de Vaiont – Itália

<http://www.yesano.com/vajont.htm> - Barragem de Vaiont – Itália

<http://www.journalriskcrisis.com/on-december-2-54-years-ago/> - Barragem de Malpasset – França (1959)

<http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml> - Dados BGRI

<http://www.ionline.pt/269314> - Entrevista da EDP ao Jornal I

ANEXOS

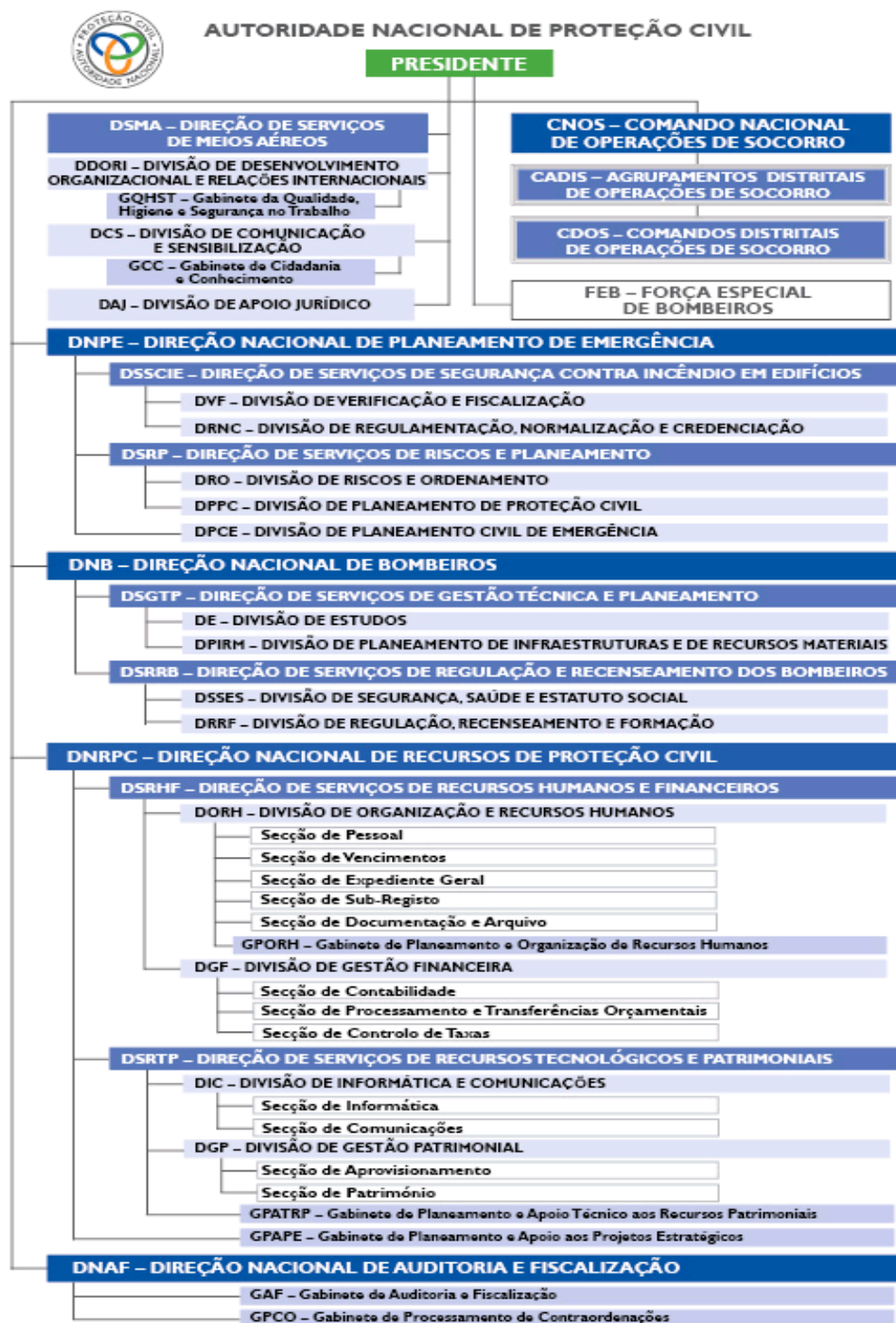


Figura 1 - Organograma da ANPC

Fonte: <http://www.prociv.pt/AutoridadeNacional/Pages/Organograma.aspx>



Figura 2 - Aspecto da ruptura da barragem dos Hospitais, Évora (Sá, 2007)

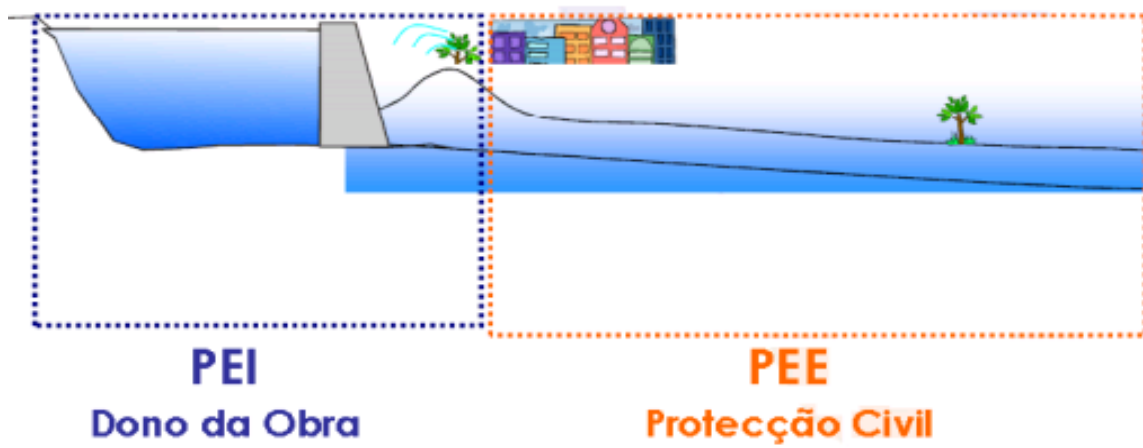


Figura 3 - Responsabilidade dos Planos de Emergência (Sá, 2007)

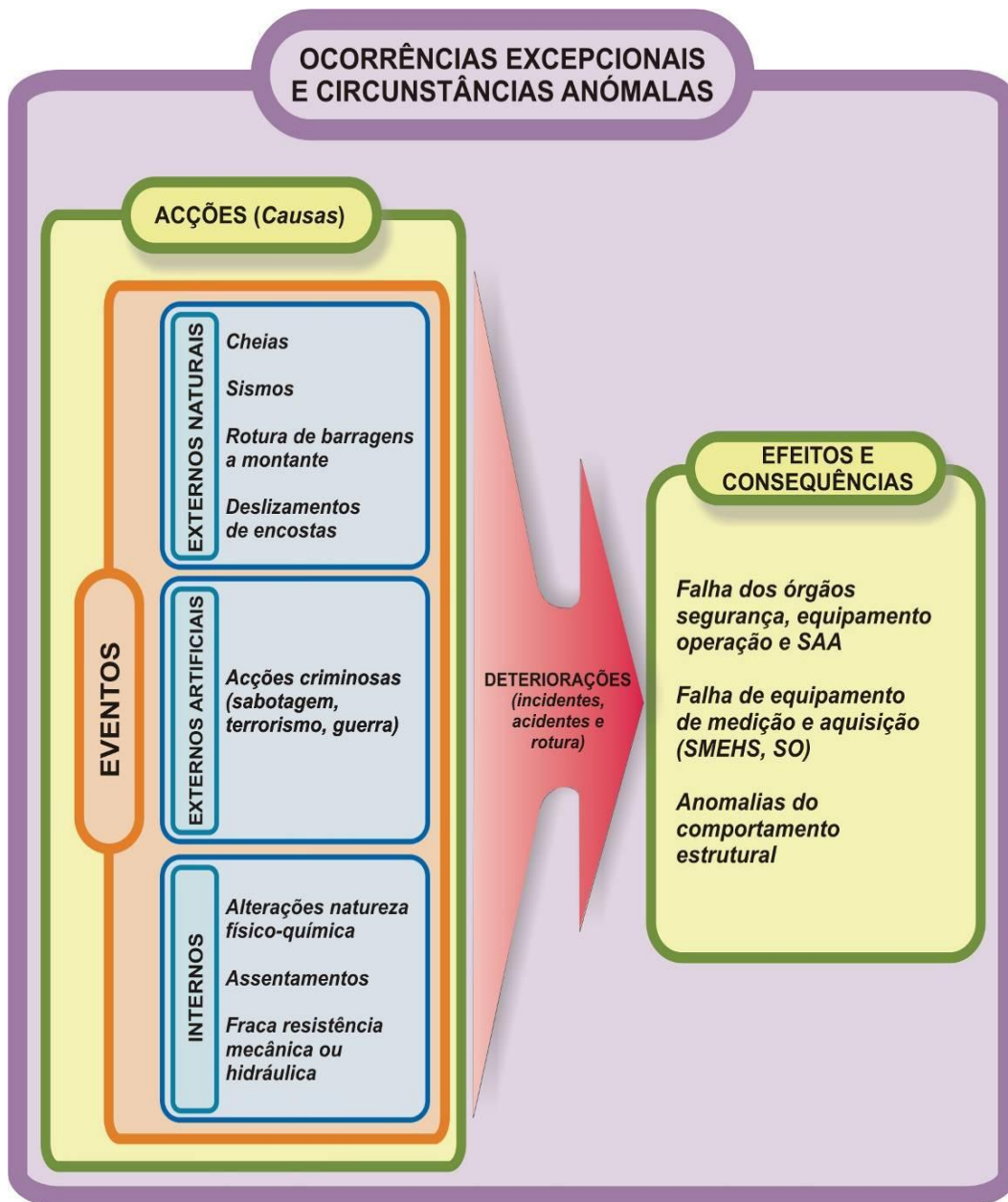


Figura 4 - Sistematização dos tipos de ocorrências excepcionais e de circunstâncias anômalas (Viseu, 2008)

Tabela 7 - Divisão administrativa na área do vale a jusante da barragem e tipologia de ocupação, extraído do PEI da Barragem de Cabril, 2012

NUT II	NUT III	CONCELHO	FREGUESIA	TIPOLOGIA DE ÁREAS URBANAS
Centro	Pinhal Interior Norte	Pedrógão Grande	Pedrógão Grande Graça	AMU
		Alvaiázere	Maças de D. Maria	AMU
		Figueiró dos Vinhos	Bairradas Figueiró dos Vinhos Arega	AMU
	Pinhal Interior Sul	Sertã	Pedrógão Pequeno Carvalhal Castelo Cernache de Bonjardim Nesperal Palhais	APU
		Vila de Rei	Fundada Vila de Rei	AMU
	Médio Tejo	Ferreira do Zêzere	Beco Dornes Águas Belas Ferreira do Zêzere	AMU
		Tomar	Olalhas Serra São Pedro de Tomar	APU
		Sardoal	Santiago de Montalegre	AMU
		Abrantes	Aldeia do Mato Souto Carvalhal Pontes Martinchel	APU

Informação BGRI

O INE, desde a preparação dos Censos de 1981, tem vindo a apostar na melhoria da base cartográfica censitária, modernizando os suportes e actualizando os respectivos conteúdos, como aconteceu em 2001 com a implementação do suporte digital, essencialmente orientado para apoiar o planeamento e a recolha dos dados.

A BGRI 2011 consiste num Sistema de Informação Geográfica (SIG) constituído por uma base digital com vários “layers” (camadas de informação geográfica), entre os quais o da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), suportados nos ortofomapas do IGP (Instituto Geográfico Português), o que permite gerar um conjunto de suportes cartográficos contendo informação actualizada sobre a delimitação administrativa e estatística; ou seja, a divisão das freguesias em secções estatísticas de recenseamento e estas em subsecções estatísticas identificadoras de lugares ou partes de lugar (nas zonas rurais) e de quarteirões (nas zonas urbanas).

Este sistema de informação geográfica permite construir, a qualquer momento, representações territoriais de nível hierárquico superior por agregação de subsecções.

- População residente
- População presente
- Famílias
- Alojamentos
- Edifícios

A subsecção estatística consiste na unidade territorial que identifica a mais pequena área homogénea de construção ou não, existente dentro da secção estatística. Corresponde ao quarteirão nas áreas urbanas, ao lugar ou parte do lugar nas áreas rurais ou a áreas residuais que podem ou não conter unidades estatísticas (isolados).

Constituindo a subsecção estatística uma área homogénea, foi aplicada uma ponderação aos valores das subsecções estatísticas que resultou do rácio entre a área da subsecção interceptada pela zona de estudo (correspondente à zona de inundação em caso de acidente mais desfavorável) e a área total da subsecção. Esta metodologia possibilita uma estimativa adequada das potenciais afectações humanas em caso de acidente.

Fonte: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look...107197..

Quando ocorrer a ruptura da Barragem de Cabril verifica-se destruição em áreas agrícolas até a onda atingir a secção da Barragem da Bouça. O Plano de Emergência Interno da Barragem de Cabril assume um colapso da estrutura da Barragem da Bouça, destruindo a própria barragem, a central e a subestação, representativo no ponto 5.3.4 Análise da vulnerabilidade pelo número 1 e neste anexo pela figura 5. Regista-se também a destruição da ponte da Bouça representada pelo número 2. Outra infra-estrutura atingida será a Escola Primária da Bouça, figura 7.



Figura 5 – Aproveitamento Hidroelétrico da Barragem da Bouça



Figura 6 – Ponte da Bouça na EN237



Figura 7 – Escola Primaria da Bouça

Quando ocorrer a ruptura do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor podemos verificar que existe alguns elementos que serão afectados depois de identificados no ponto 5.3.4 Análise da vulnerabilidade.

Na figura 23 desse mesmo ponto o número 1 identifica a Capela de Nossa Senhora de Guia (figura 8) situada na povoação de Cabeça Boa.

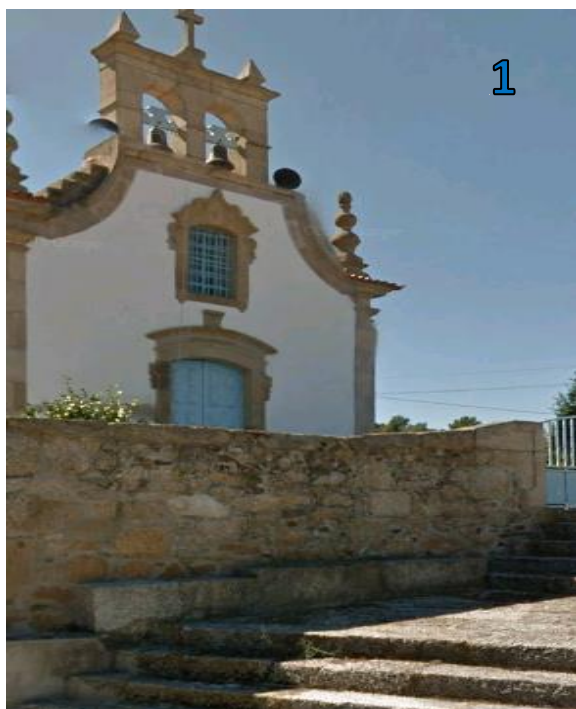


Figura 8 – Capela de Nossa Senhora de Guia

Continuando a análise da figura 23, o ponto 2 corresponde a ponte sobre o Sabor (figura 9), junto à sua foz, que liga as povoações de Foz do Sabor e de Horta da Vilarça também ficará submersa com uma altura de água.

Algumas construções da povoação de Foz do Sabor, das quais se destacam as áreas de lazer na praia fluvial da Foz do Sabor identificada pelo ponto 3 e pela fotografia da figura 10.



Figura 9 – Ponte sobre o Rio Sabor



Figura 10 – Praia fluvial da Foz do Sabor

Tabela 8 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica Barragem de Cabril

Referência	Descrição	Cota	Velocidade máxima (m/s)	Altura máxima de submergência	Perigosidade Hidrodinâmica
ZZ63RL	Praia fluvial em Beco	139,1	3,3	8,4	24
ZZ64P	Ponte sobre a Ribeira de Água em Alta	132,2	3,3	15,3	43
ZZ66Via	EM1062	140,6	3,3	6,8	19
ZZ67Via	Caminho municipal de acesso a Jorro	125,8	3,3	21,7	61
ZZ69RL	Cais fluvial em Dornes	112,4	3,3	35,1	98
ZZ71EH	Café-Bar "Casa da Inveja"	131,4	3,3	16,1	45
ZZ72ER	Cemitério de Dornes	142,1	3,3	5,4	15
ZZ73ER/PA	Igreja de Dornes	140,5	3,3	6,9	19
ZZ74ER/PA	Torre de Dornes	140,5	3,3	6,9	19
ZZ75EC	Café "Arte Factos"	131,2	3,3	16,3	46
ZZ76EP	Junta de Freguesia de Dornes	130,1	3,3	17,4	49
ZZ77EP	Associação de Desenvolvimento Florestal	129,3	3,3	18,2	51
ZZ78EC	Imobiliária "Real Estate Médio Tejo"	128,5	3,3	19	53
ZZ79EH	Associação Casario Ribatejano	124,5	3,3	22,9	64
ZZ80Inf	Estação Elevatória de Dornes	124,8	3,3	22,7	64
ZZ81RL	Cais fluvial em Dornes	111,6	3,3		0
ZZ82EH	Café/Restaurante em Fonte de Cima	143,8	3,3	35,9	101
ZZ83P	Ponte sobre a ribeira de S. Guilherme na localidade de Cabeço de Medo	138,7	3,3	3,7	10
ZZ84RL	Parque de Merendas em Dornes	136,0	3,3	8,7	24
ZZ85Via	EM521	141,3	3,3	11,5	32
ZZ86P	Ponte sobre a ribeira de S. Guilherme junto à EM521	132,7	3,3	6,1	17
ZZ87Inf	ETAR de Dornes	128,9	3,3	14,8	41
ZZ88Ed	Casa isolada em Cabeço de Medo	140,3	3,3	18,6	52
ZZ89Via	EM521	139,8	3,3	7,2	20
ZZ91Inf	Lagar em São Guilherme	140,3	3,3	7,2	20
ZZ92P	Ponte de São Guilherme	146,2	3,3	1,2	3

Tabela 9 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica Barragem de Cabril

Referência	Descrição	Cota	Velocidade máxima (m/s)	Altura máxima de submergência	Perigosidade Hidrodinâmica
ZZ1P/Pat	Ponte do Cabril (Ponte Filipina)	180,9	15,5	69,0	1035
ZZ2P	Ponte sobre o rio Zezere (IC8)	318,2	15,5		0
ZZ3Via	EN350 Sobreiro	228,8	19,0	10,0	185
ZZ4P	Ponte sobre a ribeira da Pêra	230,1	19,0	8,7	161
ZZ7Inf	Barragem de Bouçã	140,9	9,1	72,6	624
ZZ8Inf	Aproveitamento Hidroeléctrico da Barragem de Bouçã	138,6	12,1	57,1	662
ZZ9P	Ponte sobre a ribeira da Bouçã	138,0	10,5	58,4	584
ZZ11Via	EM515	154,1	10,5	42,3	423
ZZ12P	Ponte EM515	139,7	10,5	56,7	567
ZZ14P	Ponte de Bouçã	138,5	12,1	56,7	658
ZZ15Via	EN237	140,4	12,1	54,8	636
ZZ17EP	Escola Primária de Bouçã	192,7	12,1	2,5	29
ZZ18EC	Estação dos Correios de Bouçã	131,6	12,1	63,7	739
ZZ20EP	Casa do Pessoal Dr. Simões de Almeida em Bouçã	168,9	12,1	26,3	305
ZZ21RL	Campo de Jogos da Hidroeléctrica de Bouçã	168,8	12,1	26,4	306
ZZ22RL	Piscina da Hidroeléctrica de Bouçã	170,2	12,1	25,0	290
ZZ24EC	Adega da Aldeia de Almegue	161,8	5,6	3,5	18
ZZ25EC	Adega da Fonte	164,2	5,6	1,1	6
ZZ27EH	Restaurante/Snack Bar "O Barqueiro"	124,9	6,1	36,8	206
ZZ28RL	Clube Náutico de Figueiró dos Vinhos	116,9	6,1	44,8	251
ZZ29EH	Restaurante/Snack Bar "O Baião"	153,0	6,4	7,8	46
ZZ30ER	Igreja Foz de Alge	153,9	6,4	7,0	41
ZZ31RL	Parque de campismo de Foz de Alge	135,8	6,4	25,1	148
ZZ43Via	EM1146	159,0	10,9		
ZZ45P	Ponte sobre o rio do Carriçal	132,9	6	23,8	131
AL3Via	EM1146	130,9	2,9	30,4	73
AL4P	Ponte entre a Foz do Alge e a Cova da Eira	125,8	2,9	35,5	85
AL5RL	Pista de pesca desportiva do Poeiro	121,9	2,2	39,7	67
AL6P	Ponte do Poeiro	125,3	2,2	36,4	62
ZZ33Via	Caminho Municipal em Cabeço Gordo	137,7	5,3	22,5	108
ZZ40Via	EM1116	142,4	5,3	17,7	85
ZZ42P	Ponte EM1116	139,9	5,3	20,3	97
ZZ46Via	EM1146 junto a Valbom	131,7	9,8	21,9	204
ZZ48Via	EM1116	127,6	5,4	27,6	135
ZZ51Via	EM1116	138,0	7,6	16	114
ZZ57Via	EM1117	140,6	2,9	14,4	35
ZZ58Via	EM1146 junto à localidade de Casalinho de Santana	138,8	2,9	16,2	39
ZZ60RL	Praia fluvial em Casalinho de Santana	124,1	2,9	30,9	74
ZZ62Via	Caminho Municipal em Dornes	136,7	3,3	10,8	30

**Tabela 10 – Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento
Hidroeléctrico do Baixo Sabor**

Referência	Descrição	Cota	Velocidade máxima (m/s)	Altura máxima de submersão (m)	Perigosidade Hidrodinâmica
DRj 008 Via	EM 623 (235m)	106,5	3,8	30,55	100,815
DRj 009 Inf	Captação	106,17	3,8	30,88	101,904
DRj 010 Via	Via Municipal VM 3 (2351m)	106,5	3,8	30,55	100,815
DRj 011 Inf	Captação	113,86	3,8	23,19	76,527
DRj 012 RL	Cais flutuante	106,91	2,7	30,77	67,694
DRj 013 RL	Cais flutuante	106,56	2,7	30,22	66,484
DRj 014 Via	EN 324 (386m)	108,89	2,7	27,89	61,358
DRj 015 RL	Cais flutuante	108,89	2,7	27,89	61,358
DRj 016 Inf	Captação	108,04	3,8	29,01	95,733
DRj 017 EH	Restaurante Bago D´Ouro	125,9	3,8	11,15	36,795
DRj 018 ER	Capela de Santo António	127,61	3,8	9,44	31,152
DRj 019 Inf	Posto de transformação	127,61	3,8	9,44	31,152
DRj 020 Inf	Posto de transformação	127,52	2,7	9,26	20,372
DRj 021 Via	EM 1143 (134m)	109	2,7	27,78	61,116
DRj 022 EI	Armazém da Quinta do Lobazim	113,26	2,7	23,52	51,744
DRj 023 Inf	Captação	105,74	2,7	31,04	68,288
DRj 024 inf	Captação	105,44	2,7	31,34	68,948
DRj 025 P	Ponte (Via Municipal VM 3)	107,61	2,7	29,17	64,174
DRj 026 Inf	Captação	106,9	2,7	29,88	65,736
DRj 027 EI	Quinta dos Ingleses	120	2,7	16,78	36,916
MR 001 RL	Cais flutuante	107,65	2,7	29,13	64,086
MR 002 P	Ponte ferroviária da Linha do Douro	126,31	2,7	10,47	23,034
MR 003 EH	Restaurante Preguiça	125,69	2,7	11,09	24,398
SB 002 EI	Estufas	110,98	2,4	36,73	69,787
SB 003 Via	EM 623-2 (626M)	118,76	2,5	28,94	57,88
SB 004 Inf	Posto de transformação	122,83	1,7	24,87	29,844
SB 005 Via	IP2 (15682m)	117,37	2,4	30,27	57,513
SB 006 EC	Venda de hortícolas	108,37	2,4	39,27	74,613
SB 007 Via	EM 622 (2153m)	109,88	2,4	37,75	71,725
SB 008 Inf	Posto de transformação	119,88	3,1	27,7	72,02
SB 009 Via	EN 220 (363m)	119,31	3,1	28,27	73,502
SB 010 Via	Acesso IP2 a EM 622 (50m)	114,87	3,1	32,91	85,566
SB 011 EH	Café "Nova Foz" (encerrado)	121,83	3,1	25,74	66,924
SB 012 ER	Capela da Nossa Senhora da Guia	144,44	3,1	3,11	8,086

Tabela 11 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor

SB 013 Inf	Captação	108,52	2,9	38,94	93,456
SB 014 Via	EM 623-1 (735m)	108,37	2,9	39,09	93,816
SB 015 P	Ponte (EM 623-1)	108,37	2,9	39,09	93,816
SB 016 P	Ponte (EM 623-1)	109,07	2,9	38,39	92,136
SB 017 EC	Estabelecimento comercial de vinho e azeite	121,95	2,7	25,34	55,748
SB 018 EH	Café Beira Rio	120,42	2,7	26,87	59,114
SB 019 Loc	Localidade de Foz do Sabor	119,3	2,9	28,16	67,584
SB 020 EH	Bar da praia fluvial de Foz do Sabor	107,89	2,9	39,57	94,968
SB 021 Inf	Parque de estacionamento da praia fluvial de Foz do Sabor	106,68	2,9	40,78	97,872
SB 022 RL	Parque de merendas da praia fluvial de Foz do Sabor	107,37	2,9	40,09	96,216
SB 023 RL	Parque infantil da praia fluvial de Foz do Sabor	106,94	2,9	40,52	97,248
SB 024 RL	Praia fluvial de Foz do Sabor	105,87	2,9	41,59	99,816
SB 025 Inf	Captação	106	2,9	41,46	99,504
VL 011 EI	Quinta da Granja	129,25	1,3	18,48	33,264
VL 012 Inf	Barragem da Quinta do Carvalhal	117,98	1,3	29,75	53,55
VL 013 Bg	Barragem da Quinta do Carvalhal	131,44	1,3	16,28	29,304
CV 001 Via	Caminho municipal (4540m)	111,74	2	35,94	53,91
CV 002 P	Ponte (caminho municipal)	111,74	2	35,94	53,91
CV 003 EI	Quinta de Vila Maior	127,51	2	20,17	30,255
CV 004 Inf	Posto de transformação	112,84	2,4	34,81	66,139
CV 005 Inf	Posto de transformação	126,2	2,4	21,46	40,774
CV 006 Bg	Barragem da Quinta de Vila Maior	124,12	2,4	23,54	44,726
CV 007 Inf	Barragem da Quinta de Vila Maior	114,98	2,4	32,67	62,073
DRm 001 Inf	ETAR da Quinta do Vale Meão	144	1,3	3,66	2,928
DRm 002 Inf	Captação da Quinta do Vale Meão	107,72	1,3	39,94	31,952
DRm 003 EI	Quinta do Reguengo	129,02	1,1	18,65	11,19
DRm 004 ER	Igreja Senhora da Veiga	149,94	1,1	2,27	1,362
DRm 006 Via	Acesso a Igreja da Nossa Senhora da Veiga (441m)	123,48	1,1	24,19	14,514
DRm 007 Inf	Posto de transformação	128,2	1,1	19,47	11,682
DRm 008 Loc	Localidade de Cortes da Veiga	125,65	1,1	22,02	13,212
DRm 009 ER	Capela	125,91	1,5	21,77	21,77
DRm 010 EH	Bar no Parque de merendas	114,82	1,5	32,85	32,85
DRm 011 Via	Acesso ao Parque de merendas	114,82	1,5	32,85	32,85
DRm 012 RL	Parque de merendas	108,06	1,5	39,61	39,61
DRm 013 RL	Zona de recreio e lazer no parque de merendas de	114,15	1,5	33,52	33,52

Tabela 12 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor

DRm 014 RL	Praia fluvial do Pocinho	105,39	1,5	42,28	42,28
DRm 015 EI	Adega	139,5	1,5	8,17	8,17
DRm 016 Inf	Captação	109,11	1,2	38,57	26,999
DRm 017 EP	Escola encerrada (Futura Casa Mortuária)	144,16	1,2	3,52	2,464
DRm 018 Inf	Posto de transformação	137,46	1,2	10,22	7,154
DRm 019 Inf	Estação ferroviária do Pocinho	137,32	1,2	10,36	7,252
DRm 020 RL	Associação Cultural Desportiva e Recreativa do Pocinho	143,02	1,2	4,66	3,262
DRm 021 EI	Silos da Cimenteira Secil	137,32	1,2	10,36	7,252
DRm 022 EH	Restaurante o Gaveto	143,99	1,2	3,69	2,583
DRm 023 Inf	Captação	109,07	1,2	38,61	27,027
DRm 024 EI	Indústria de extracção de óleos	118,49	1,2	29,19	20,433
DRm 025 Via	Linha do Sabor (306m)	143,4	1,2	4,28	2,996
DRm 026 EI	Posto de Manutenção da CP	137,32	1,2	10,36	7,252
DRm 027 Inf	Posto de Transformação	118,34	1,2	29,34	20,538
DRm 028 P	Ponte ferroviária da Linha do Sabor (desactivada)	143,4	1,2	9,48	6,636
DRm 029 Loc	Localidade do Pocinho	118,34	1,2	2,64	1,848
DRm 030 Via	IP2 (1505m)	138,19	2	25,22	37,83
DRm 031 EP	Centro de Alto Rendimento de remo	145,03	2	42,97	64,455
DRm 032 Inf	ETAR na localidade do Pocinho	122,45	2	11,83	17,745
DRm 033 Inf	Captação	104,7	2	10,92	16,38
DRm 034 EI	Armazém de adubos e aditivos	135,84	2	9,09	13,635
DRm 035 Inf	Subestação da Barragem do Pocinho	136,75	2	18,03	27,045
DRm 036 Bg	Barragem do Pocinho (Coroamento)	138,92	2	16,28	24,42
DRm 037 Inf	Captação	129,96	2	20	30
DRm 038 EI	Adega da Quinta Daniel	131,74	2	20,75	31,125
DRm 039 Inf	Captação	128,01	2	20	30
DRm 040 RL	Cais (Pontos de amarração)	126,93	2	20,75	31,125
DRm 041 RL	Cais flutuante (IPTM)	126,18	2	21,83	32,745
DRm 042 RL	Cais flutuante (IPTM)	126,17	2	21,84	32,76
DRm 043 Inf	Posto de Transformação	135,13	2	12,88	19,32
DRm 044 RL	Cais (IPTM)	126,07	2	21,94	32,91
DRm 045 Inf	Captação	125,69	2	22,32	33,48
DRm 046 Inf	Posto de Transformação	133,18	2	14,83	22,245
DRm 047 RL	Cais flutuante	125,71	2	22,3	33,45
DRm 048 RL	Cais (IPTM)	125,69	2	22,32	33,48

Tabela 13 - Continuação da tabela 10 - Elementos expostos e Perigosidade Hidrodinâmica do Aproveitamento Hidroelétrico do Baixo Sabor

DRm 049 Inf	Captação	127,4	2,5	20,62	41,24
DRM 050 Via	Caminho municipal (2854m)	129,42	2,5	16,61	33,22
DRm 051 Inf	Captação	126,97	2,5	21,09	42,18
DRm 052 Inf	Posto de Transformação	147,19	2,5	0,87	1,74
RA 001 Inf	Captação	132	2,5	16,06	32,12
RA 002 Inf	Captação	124,93	2,5	23,13	46,26
RA 003 Inf	Captação	127	2,5	21,06	42,12
RA 004 Inf	Captação	127,52	2,5	20,54	41,08
RA 005 Via	Caminho rural (197m)	131,89	2,7	16,21	35,662
RA006 P	Ponte (caminho rural)	131,89	2,7	16,21	35,662
VV 001 Inf	ETAR na localidade do Pocinho	121,09	1,5	26,58	26,58
VV 002 EP	Cemitério do Pocinho	122,2	1,5	25,47	25,47
VV 003 Via	Acesso ao cemitério e praia fluvial do Pocinho (425m)	120,46	1,5	27,21	27,21
VV 004 P	Ponte	121,9	1,5	25,77	25,77
VV 005 Via	Rua Nossa senhora de Veiga (905m)	122,52	1,5	25,15	25,15
VV 006 Via	EM 614 (1857m)	122,52	1,5	25,15	25,15
VV 007 P	Ponte (Linha do Douro)	137,05	1,5	10,62	10,62
VV 008 Via	Linha do Douro (8035m)	137,05	1,5	10,62	10,62
VV 009 Via	Rua da Estação - EM 614 (1087m)	123,2	1,5	24,47	24,47
VV 010 P	Ponte (EN 614)	123,26	1,5	24,41	24,41
VV 011 Inf	Posto de transformação	125,87	1,5	21,81	21,81
VV 012 Inf	IP2 (1089m)	135,01	1,5	12,66	12,66
VV 013 Inf	Posto de Transformação	147,42	1,5	0,26	0,26
DRj 001 RL	Parque de campismo informal em Foz do Sabor	106,35	2,9	41,11	98,664
DRj 002 RL	Cais flutuante em Foz do Sabor	106,1	2,7	41,19	90,618
DRj 003 Inf	Grua de embarcações em Foz do Sabor	106,37	2,7	40,92	90,024
DRJ 004 RL	Cais flutuante em Foz do Sabor	106,05	2,7	41,24	90,728
DRj 005 P	Ponte ferroviária da Linha do Douro	129	2,8	9,34	21,482