

Risco a jusante de barragens: da perceção pública à gestão de emergência

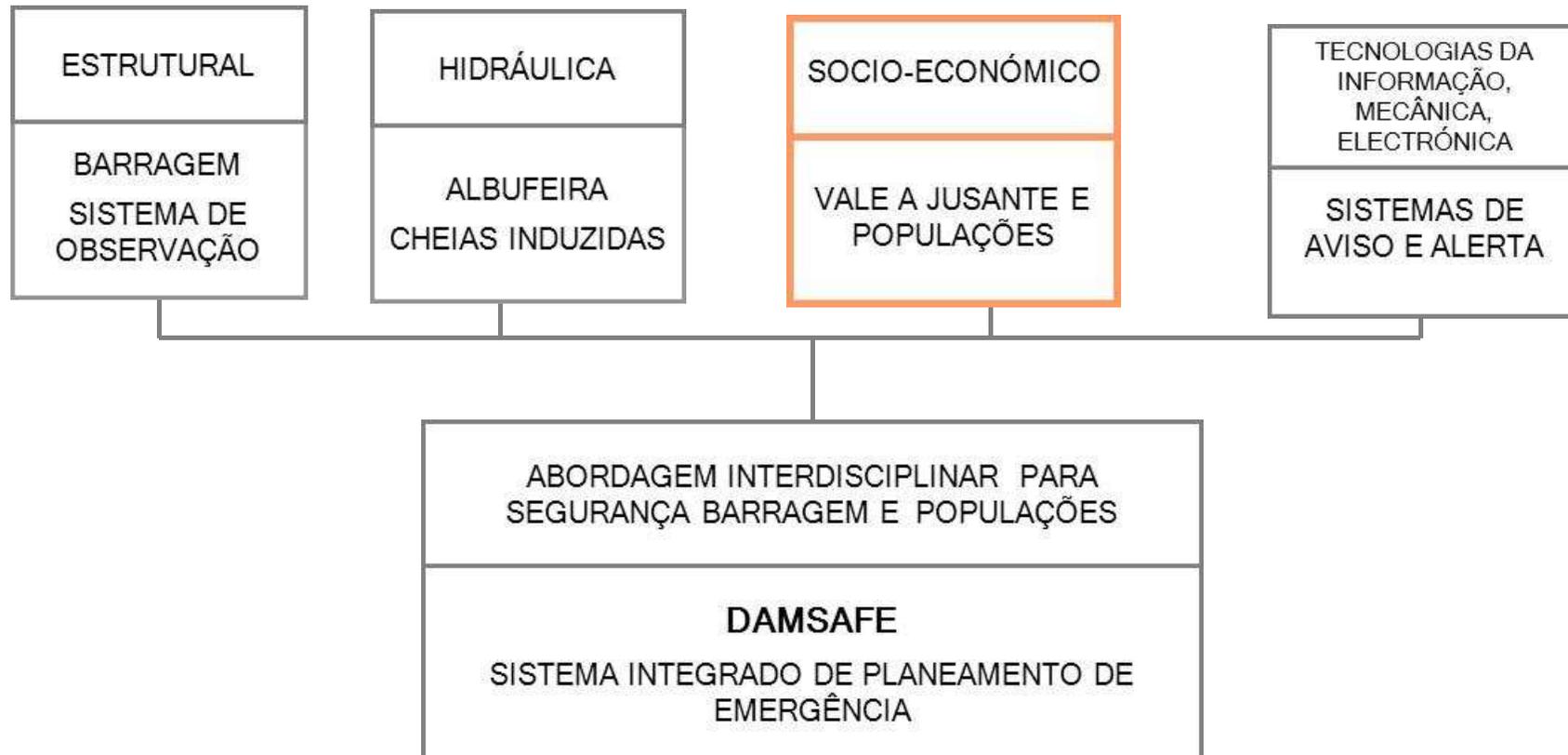
**António Tavares de Castro
Carlos Oliveira Costa
Delta Silva
João Marcelino
João Palma
João Palha Fernandes
Sílvia Amaral
Teresa Viseu**

Risco a jusante de barragens

Sistema integrado de planeamento de emergência



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Estudos de percepção do risco

Desenvolvimento de estratégias de comunicação ao público



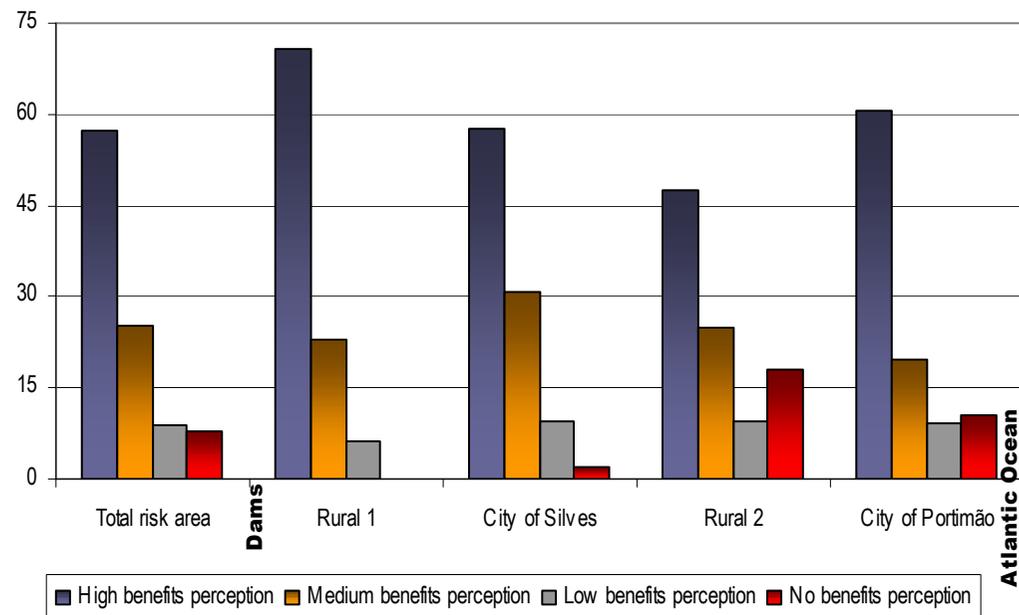
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> **Método:**

- > *Inquéritos sistemáticos a indivíduos no vale a jusante das barragens do Funcho e do Arade*

> **Conclusões:**

- > *As barragens são consideradas estruturas fiáveis e de elevada segurança (risco de rotura classificado como de baixa probabilidade de ocorrência)*
- > *Fogos florestais, sismos e cheias naturais são percecionados como eventos mais prováveis*
- > *Elevada percepção dos benefícios das barragens*



Estudos de percepção do risco

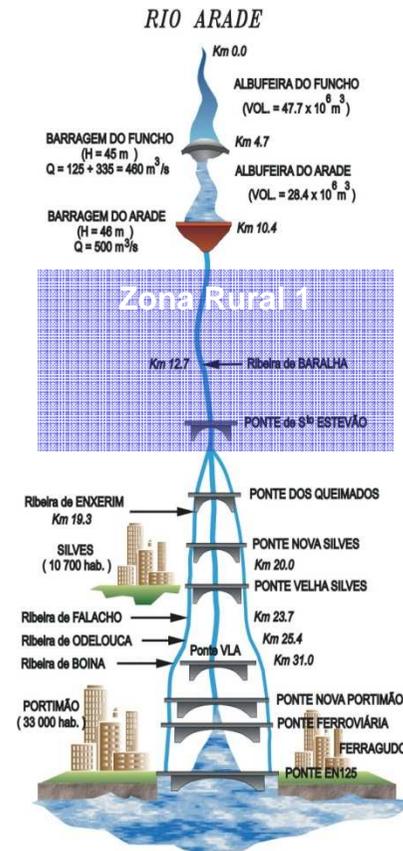
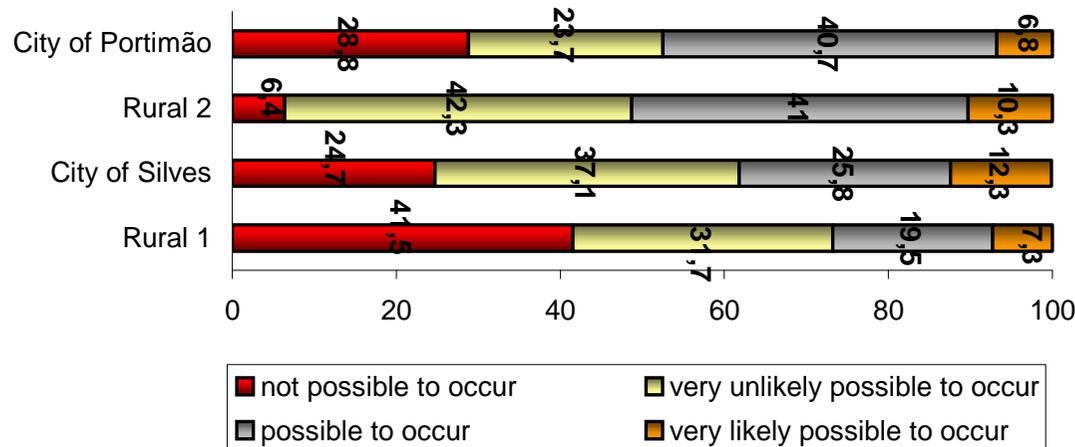
Desenvolvimento de estratégias de comunicação ao público



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

> Conclusões:

- > Residentes nas áreas mais próximas das barragens tem tendência a desqualificar o risco (41,5% os indivíduos na ZAS afirmaram que seria impossível ocorrer a rotura)
- > Estratégia de adaptação ao risco mas...
- > Número apreciável de indivíduos que "negam" o risco (pode gerar desatenção em caso de emergência)



Estudos de percepção do risco



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Desenvolvimento de estratégias de comunicação ao público

- > Quais os fundamentos de tal percepção de segurança?*
- > Idade da barragem [por ex., o Arade com mais de 60 anos de exploração já “provou” ser segura; este facto associado ao bom desempenho tende a induzir elevados níveis de confiança]*
- > Tipo de barragem: barragens de terra são consideradas mais seguras do que barragens de betão [por ex., percebe-se que se o Funcho romper, o Arade a jusante, conteria a cheia]*
- > Confiança na engenharia de barragens [a ideia de que as barragens estão sujeitas a adequada manutenção favorece o sentimento de segurança]*
- > A reação da população à implementação de medidas de proteção é positiva [mostrando que acreditam na eficácia das medidas de planeamento de emergência]*

Sistema integrado DamSafe

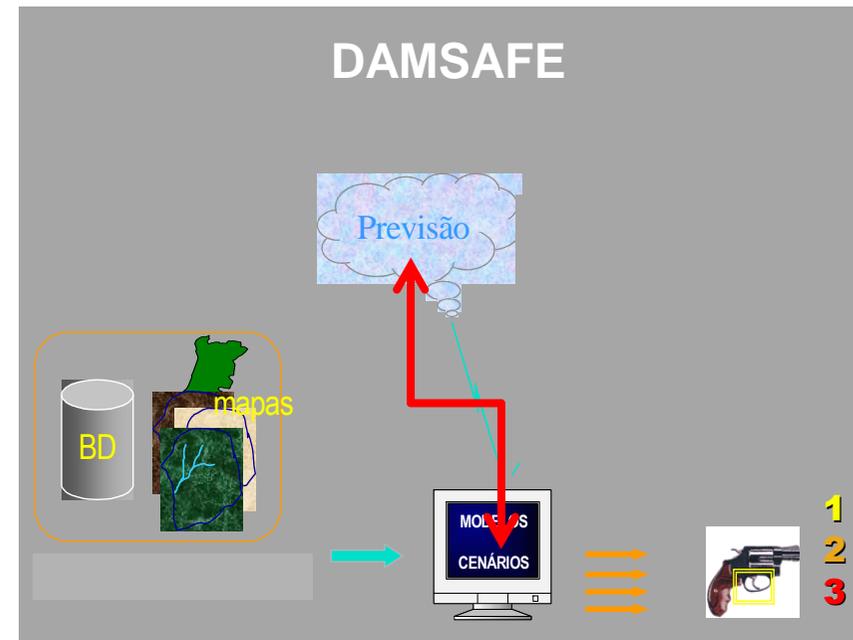
Apoio à emergência em rotura de barragens

> **Objetivo**

- > Tornar mais eficiente a gestão de emergência em barragens, beneficiando:
 - > do uso de informação em tempo real (dados medidos por sensores do sistema de observação) e a sua integração com ferramentas de diagnóstico do estado da barragem
 - > do uso de dados modelados em tempo real ******(por ex. previsão de áreas de inundação associadas à cheia de rotura)
 - > da realização de diagnósticos do nível de alerta na barragem e no vale a jusante complementada com o uso de sistemas de aviso e alerta



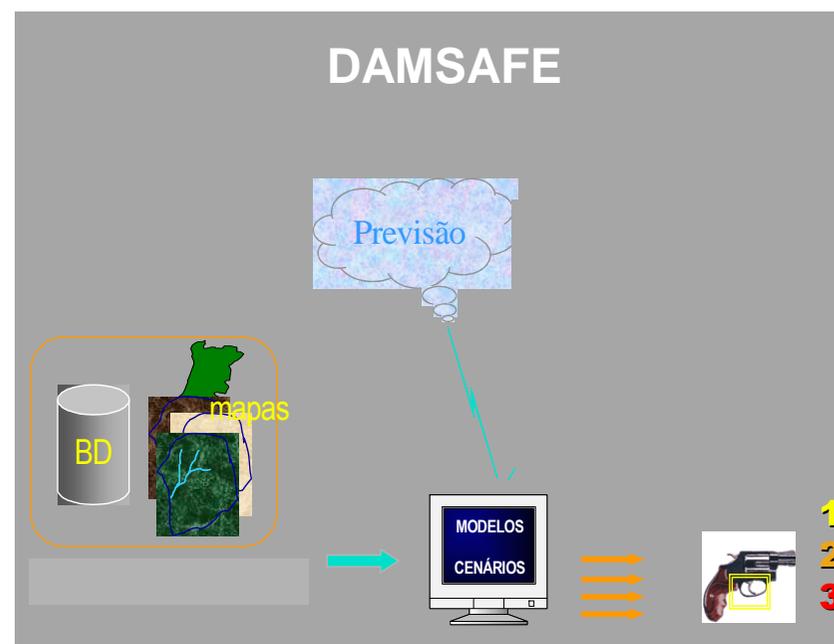
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Sistema integrado DamSafe

Apoio à emergência em rotura de barragens

- > **Método:**
- > O sistema integrado DamSafe está dividido em 4 módulos:
 - > **Módulo 1 – Vale a jusante** (SIG e base de dados ocupação território)
 - > **Módulo 2 – Barragem** (Redes neuronais do comportamento da barragem associadas a sistemas de recolha automática de dados)
 - > **Módulo 3 – Cheia Induzida** (Modelos de simulação 1D e 2D e desenvolvimento de interfaces)
 - > **Módulo 4 – Sistema de Aviso e Alerta (SAA)** e plataforma PEI (Plano de Emergência Interno)



Módulo 1 – Vale a jusante

Caracterização sócio-económica

> **Objectivos**

- > *Caracterização da ocupação humana nas zonas inundáveis->Quem está em risco?*
- > *Estudo da perceção pública do risco (e benefícios)*

> **Método**

- > *Cruzamento dos mapas de inundação com mapas de ocupação do território:*
 - > *Cartas militares à escala 1:25000*
 - > *Imagens do Google Earth!*
 - > *Dados estatísticos do INE*
 - > *Ortofotomapas à escala 1:10 000*
 - > *Trabalho de campo (participação dos serviços municipais de proteção civil)*
 - > *Inquéritos*

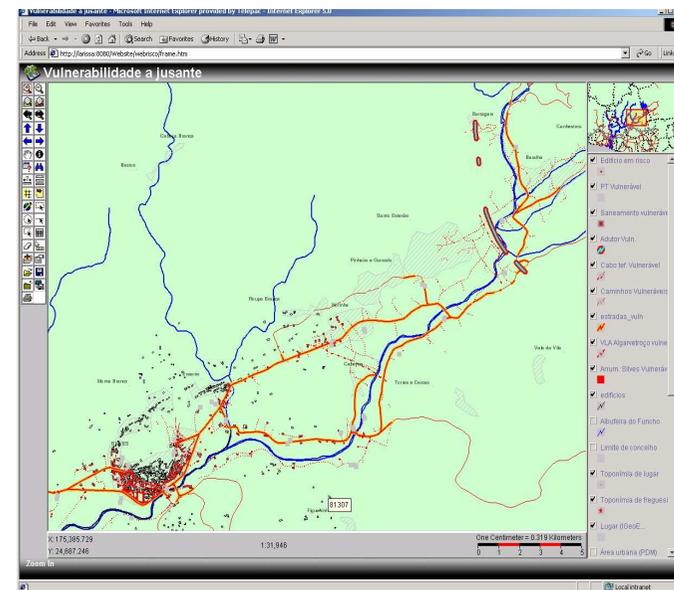
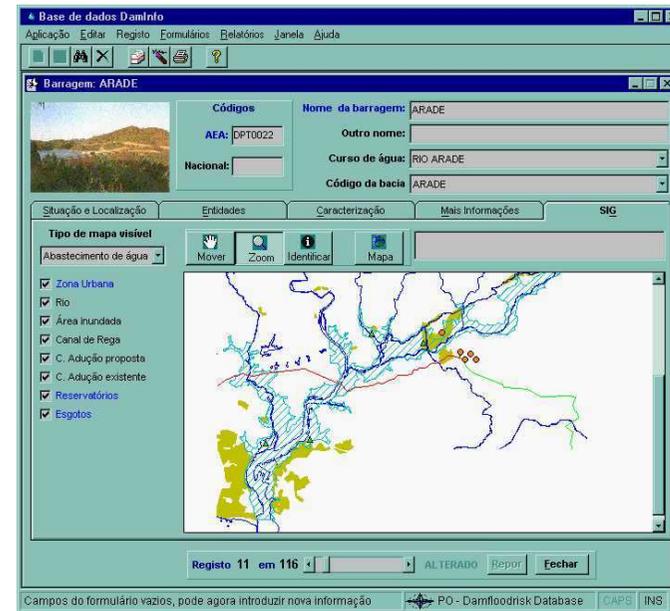


Módulo 1 – Vale a jusante

Desenvolvimento de bases de dados

> Resultados

- > Base de dados - integração eficaz de dados alfanuméricos e cartografia
- > SIG - mapas em formato digital das áreas de inundação e da ocupação do território (estradas, redes de abastecimento de água e de esgotos e edifícios de utilização pública, etc...)
- > Nova ferramenta para atividades dos sistemas de protecção civil municipais (Silves, Beja) e ANPC

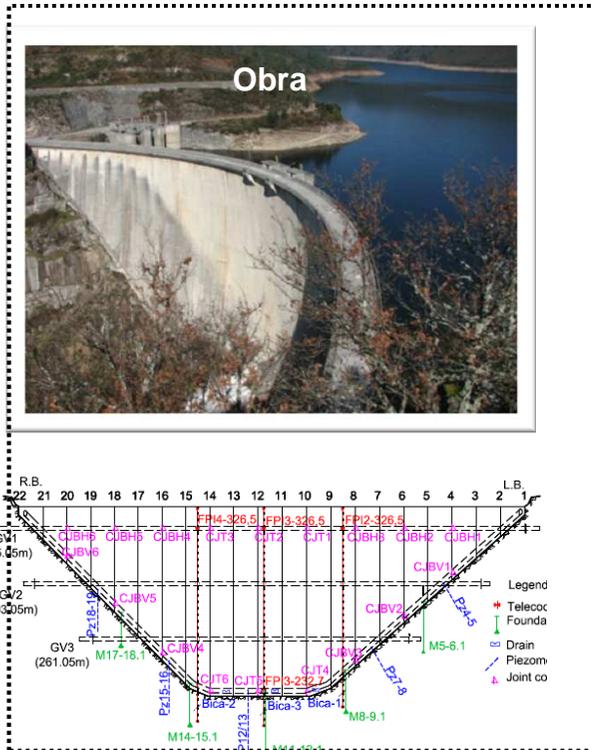


Módulo 2 – Barragem

Observação, interpretação do comportamento e avaliação das condições de segurança estrutural



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Sensores



Modelos de análise do comportamento da barragem

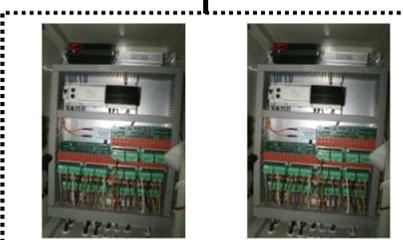


Posto de Observação e comando (POC)



Sistema de aviso às populações!!

- Medição de grandezas:
- Nível de água na albufeira
 - deslocamentos horizontais e verticais e deslocamentos relativos entre juntas
 - subpressões, caudais drenados e infiltrados



Unidades de aquisição de sinais

Módulo 2 – Barragem

Observação, interpretação do comportamento e avaliação da segurança estrutural



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> **Requisitos da abordagem**

- > *Sistema de informação e elementos relativos ao projeto, ao período construtivo, às propriedades dos materiais e à observação*
- > **Modelos de comportamento calibrados**
- > *Sistema de recolha automática de dados (recomendável), permite que os especialistas procedam a uma rápida análise de eventuais situações anómalas, maximizando o tempo disponível para possíveis medidas corretivas*
- > *Diagnóstico de eventuais anomalias e proposta de recomendações (alerta....aviso)*
- > *Abordagem que implica existência de equipas de observação e de especialistas mas pode ser complementada por outras ferramentas*

Módulo 2 – Barragem

Redes neurais e aplicações de apoio à avaliação da segurança estrutural (new!)

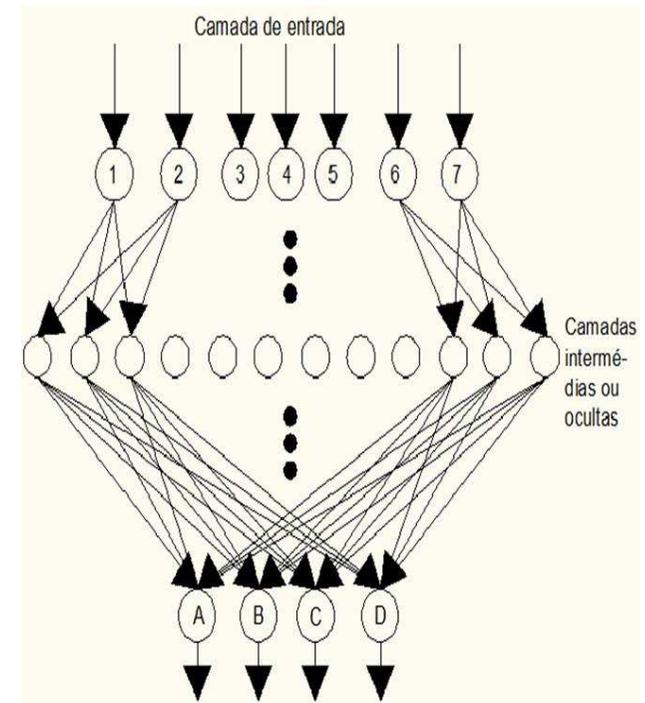
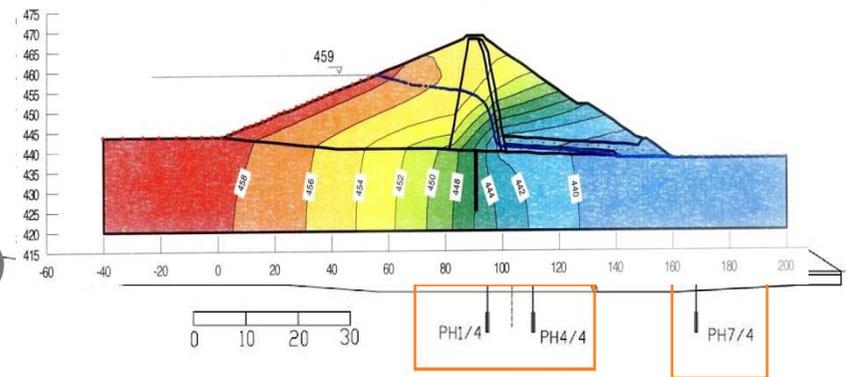
> Método

> Uso do **modelo de comportamento** da barragem (método dos elementos finitos) para "geração de dados de observação": ações na barragem e verificação da resposta dos sensores

> Este passo define a camada de entrada da rede neuronal - nível da albufeira, cotas piezométricas, caudal total

> Uso da **experiência de especialistas** para, com base na resposta dos sensores, definir o diagnóstico do estado de segurança da barragem e do respetivo nível de alerta

> Este passo define a camada de saída da rede neuronal - Nível de alerta 0, 1, 2 e 3 (segundo os critérios da ANPC)



Módulo 2 – Barragem

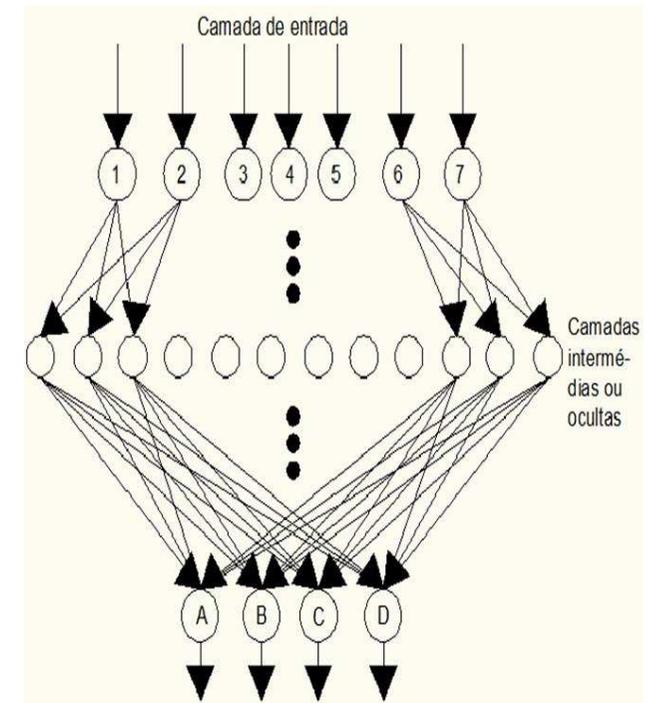
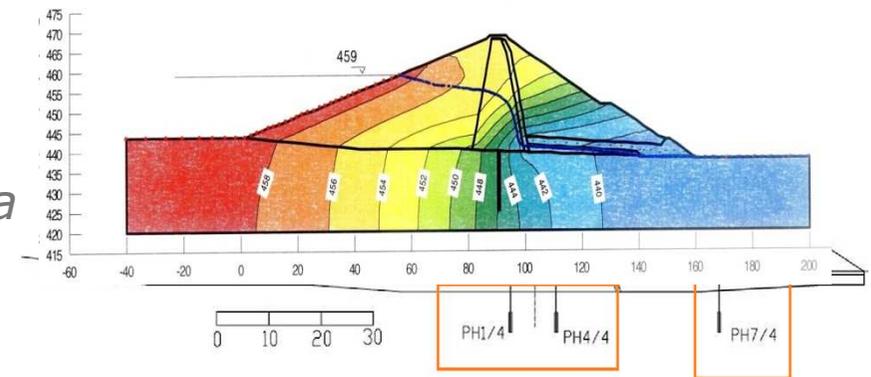
Redes neuronais e aplicações de apoio à avaliação da segurança estrutural (new!)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Resultados

- > Geração de amostras extensas (ações na barragem, resposta dos sensores e do correspondente nível de alerta)
- > Treino da rede no cluster Medusa do LNEC
- > Aplicação à barragem de Valtorno/Mourão, permitindo identificar um estado de alerta elevado (correspondente a percolações elevadas pela fundação), bem como a respetiva redução após obras de reforço do sistema de impermeabilização
- > Nova ferramenta para apoio à deteção de sinais de alarme (AdTMAD – Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro)



Módulo 3 - Cheias induzidas

Modelação da propagação da cheia ao longo do vale a jusante

- > *Desenvolvimento de modelos numéricos 1D e 2D do "routing" das cheias*
- > *Calibração por comparação com resultados de roturas históricas de barragens e de instalações experimentais e de modelos físicos*



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

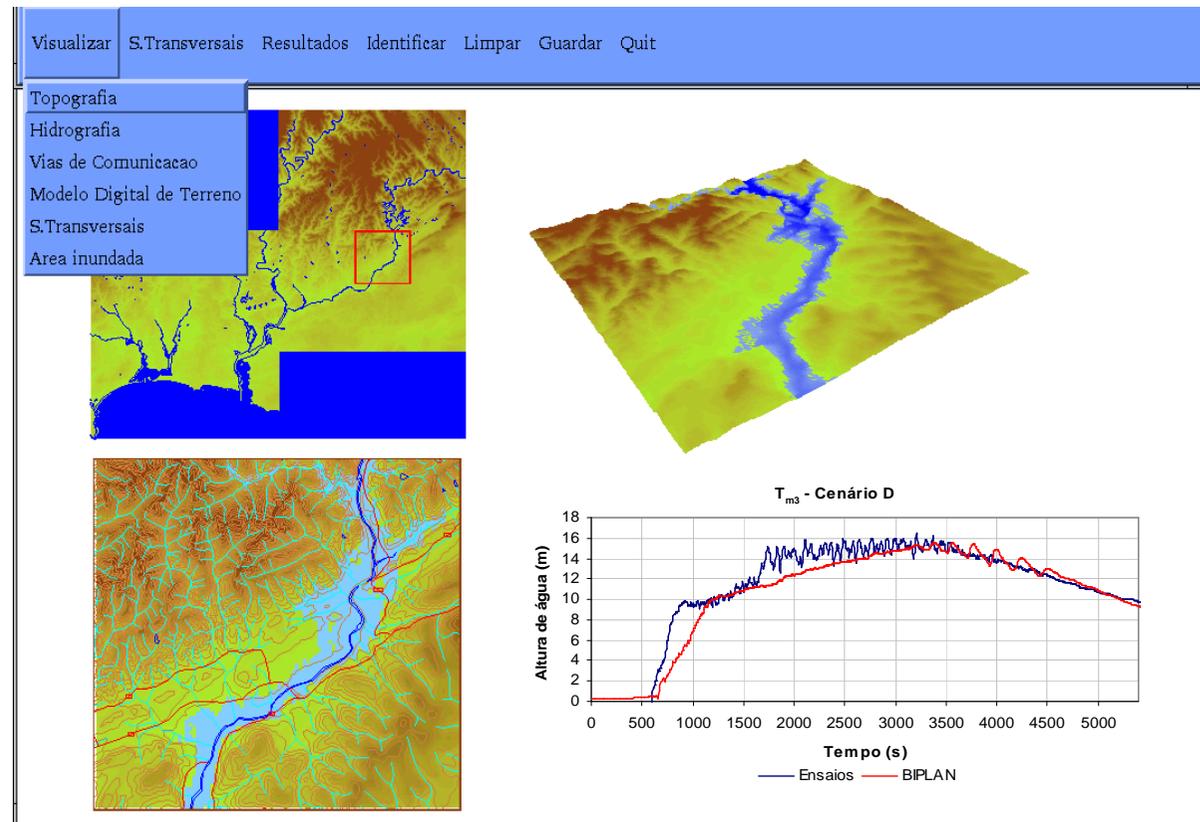


Barragem de Malpasset

Módulo 3 – Cheias induzidas

Desenvolvimento de interfaces e sistemas de informação geográfica

- > Modelos 2D obrigam à existência de um grande volume de dados (topográficos) e construção de MDT
- > Desenvolvimento de interfaces para o modelo
- > Desenvolvimento de SIG, como um instrumento eficaz para a gestão, visualização e análise de grande quantidade de informação fornecida **para e pelo** modelo



Modulo 3 - Cheias induzidas

SIG e Mapeamento de risco de apoio ao planeamento de emergência



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Pré-preparação de um repositório de mapas de inundação associados a diversos cenários de acidente que suportem as ações de planeamento de emergência em tempo real!

Módulo 3 - Cheias induzidas

Modelação da evolução da brecha e hidrograma na secção da barragem (new!)

- > Desenvolvimento e calibração de modelos numéricos que simulam a evolução temporal da brecha e do caudal escoado
- > Investigação experimental com base em ensaios sistemáticos de rotura de aterros representativos de barragens portuguesas

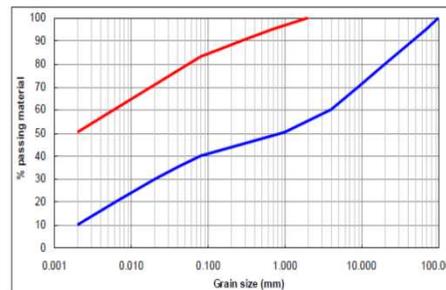
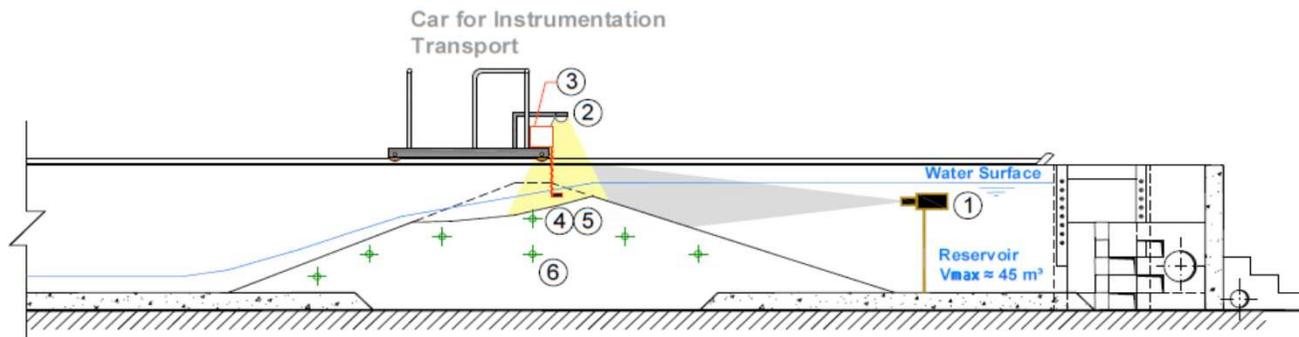


Fig. 4 – Reference Sieving curves for the failure tests of homogeneous earth dams
— Characteristic sieving curve of Portuguese earth dams;
— Characteristic sieving curve of Portuguese earth dams with maximum geotechnical reduction.

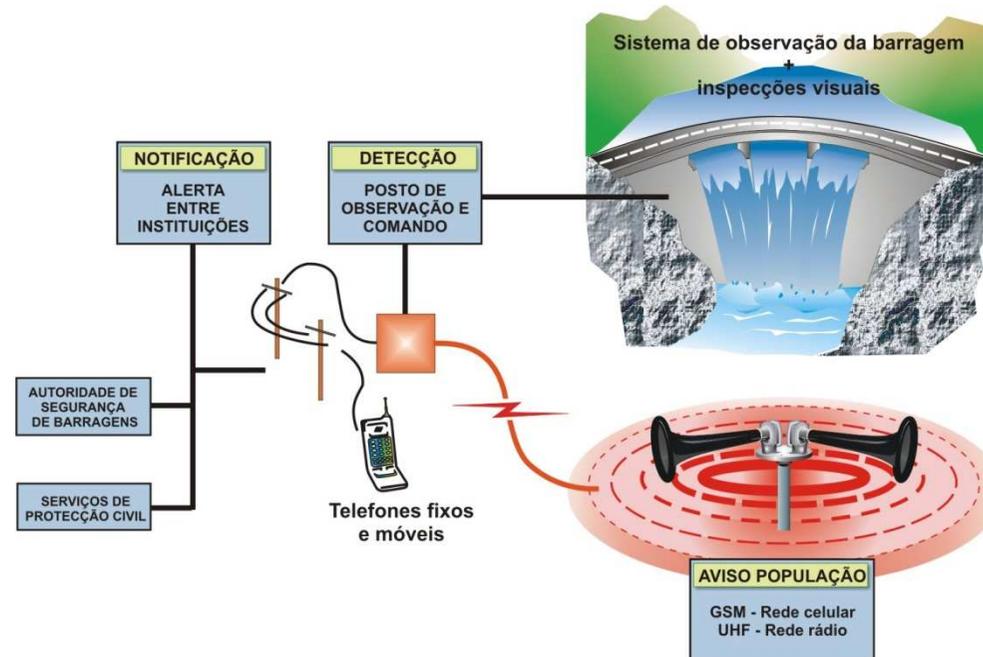


Módulo 4 - Sistemas de aviso e alerta

Apoio à emergência em rotura de barragens



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



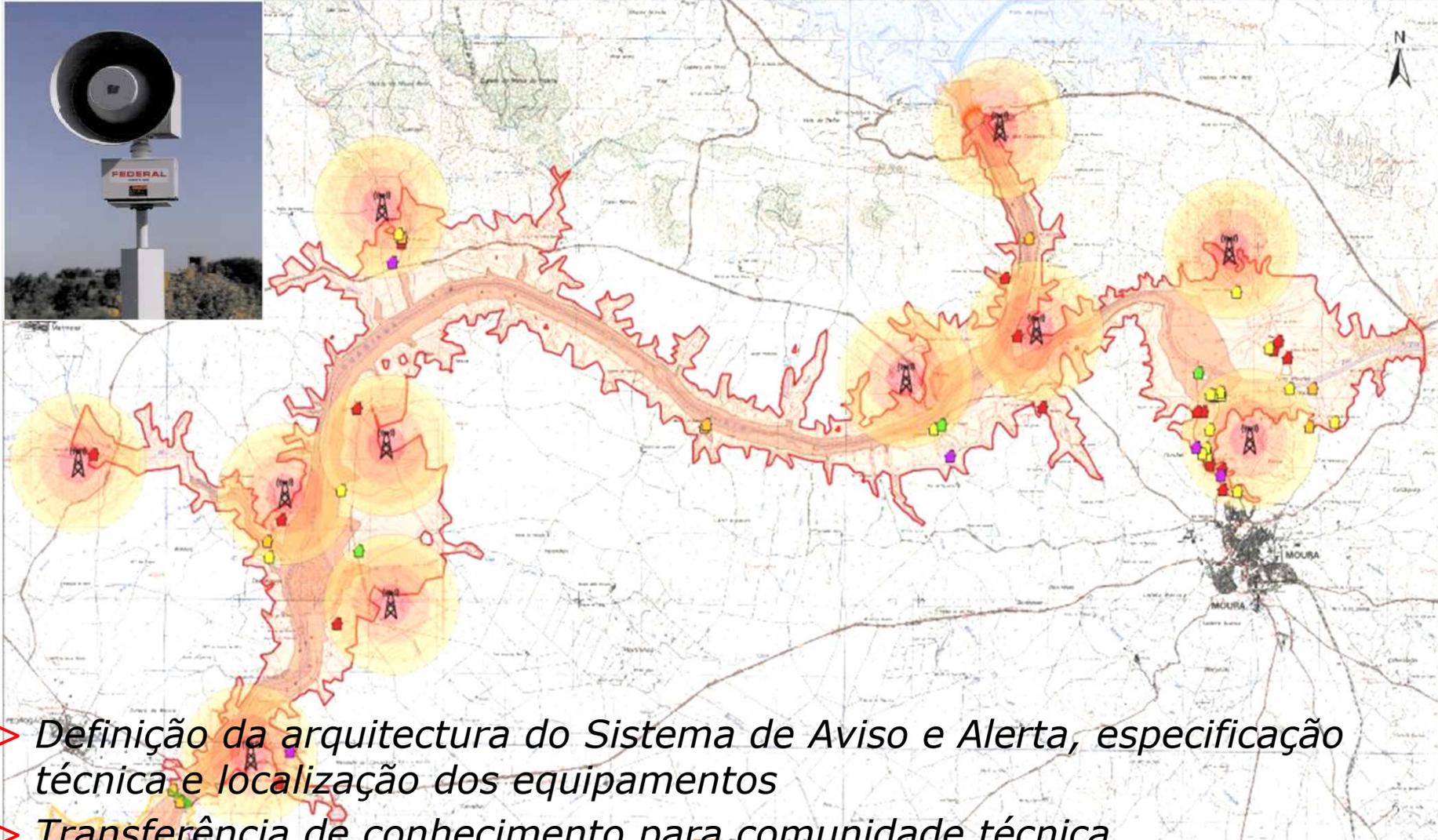
- > Detecção de situação anómala – Sistema de Observação e modelos comportamento da barragem
- > Notificação / alerta entre instituições – Sistema de Alerta
- > Aviso à população na ZAS – Sistema de Aviso

Módulo 4 - Sistemas de aviso e alerta



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

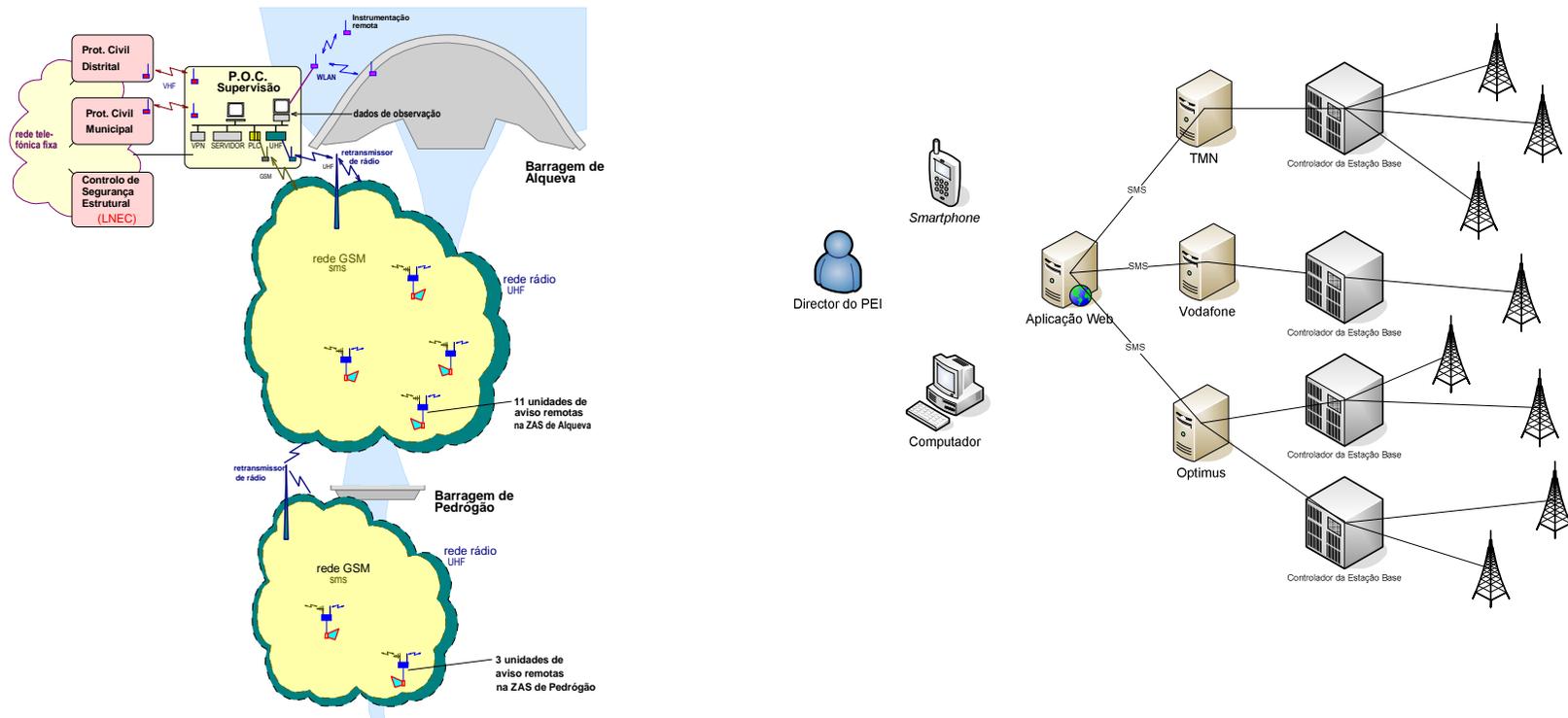
Desenvolvimento de SAA com base em avisos sonoros



- > *Definição da arquitectura do Sistema de Aviso e Alerta, especificação técnica e localização dos equipamentos*
- > *Transferência de conhecimento para comunidade técnica*

Módulo 4 - Sistemas de aviso e alerta

Desenvolvimento de SAA com base em SMS (new!)



- > Incorporação de sistemas integrados de aviso de diversas barragens (Ex. Sistema telemático de aviso das barragens de Alqueva e Pedrógão)
- > Incorporação de sistemas alternativos de aviso, dado resposta à obrigação regulamentar de sistemas de aviso e alerta redundantes
- > *Investimento nos Serviços de Mensagens de Texto: SMS* (envio de mensagens para um utilizador) e **Serviço de Difusão Celular** (envio de mensagens para uma área geográfica)

DAMSAFE - Sistema integrado de apoio ao planeamento de emergência

Plano de Emergência Interno



- > *Previsão das áreas de inundação a jusante, com base em cenários de acidente*
- > *Previsão em tempo real do nível de alerta na barragem*
- > *Definição de acções de resposta em tempo real*
- > *Activação do sistema de alerta*
- > *Activação do sistema de aviso à população*
- > *Acesso automático a contactos no sistema de alerta*
- > *Produção de relatórios internos periódicos do nível de alerta da barragem*

The image shows two overlapping browser windows from the DAMSAFE system. The left window displays a list of emergency alerts, and the right window shows a 'Briefing Periódico' form for a dam.

DDPCF-Situação de Emergência - Alerta Laranja - Microsoft Internet Explorer
Address: http://larissa.lnec.pt/pee/DDPCF/Alertas/VermelhoE1007405

Data do alerta: Mon Dec 03

- Activação/Reforço célula de resposta**
Elementos: Elemento 1, elemento 2, elemento 3
Hora da convocacao: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Activação de PDE**
Observações: Observacoes
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Activação de CDOEPC**
Observações: Observacoes
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Aviso à População em risco (evacuação imediata)**
Elementos: Aviso
Hora da convocacao: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Activação de Meios e Recursos**
Observações: Activacao
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Coordenação do Sistema de Protecção civil envolvido no**
Observações: Coordenacao
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Propôr Reforço de meios e recursos**
Observações: Reforco
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Envio de informação (Sistema de Protecção Civil/SNPC)**
Observações: Informacao enviada
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Envio de informação - Governador Civil**
Observações: Envio ao Governador
Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Geração de comunicado**
Comunicado do Tipo 3 - Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001
- Fim Nivel Vermelho - Data/Hora: Mon Dec 03 18:54:39 GMT+00:00 2001**

DDPCF Briefings Periódicos - Microsoft Internet Explorer
Address: http://larissa.lnec.pt/pee/DDPCF/briefingsDDPCF.jsp

Alertas | Actas | Mudança Nivel | Nivel Corrente

DDPC Faro
Briefing Periódico
Rotura de Barragens

Localização: Sede da Delegação Distrital de Protecção Civil de Faro

- Participantes:
- Descrição da ocorrência (terminar)
Identificação
Evolução
Outras informações
Acções tomadas
- Caracterização do sistema de barragens

Nome Barragem	Funcho
Linha Água	Arade
Bacia Principal	Arade
Localização Geográfica	Foto Mapa
Entidade Exploradora	INAG
Dono da Barragem	INAG

Sistema integrado DAMSAFE

Conclusões

- > *Capacidade de diagnóstico (Barragem e monitorização por sensores do sistema de observação, nomeadamente recolha automática de dados)*
- > *Capacidade de prognóstico através de ferramentas de modelação (Vale a jusante, risco de inundação e modelação de cheias por modelos hidrodinâmicos 1D e 2D)*
- > *Capacidade de utilização de toda a informação disponível para suportar a gestão de emergências, mantendo canais eficazes de comunicação entre instituições (Alerta) e a população em risco (Aviso)*

- > Ferramenta eficaz para apoio às ações de controlo de segurança e emergência em barragens, otimizando recursos e custos
- > Instrumento de planeamento e ordenamento do território em sintonia com nova regulamentação de segurança de barragens (DL n.º 344/2007 – RSB) e de planeamento de emergência (DL n.º 27/2006 - Lei de Bases da Protecção Civil e DL n.º 134/2006 - Sistema integrado de operações de protecção e socorro)

An aerial photograph showing a long, curved dam structure spanning a wide river valley. The valley is filled with dense green vegetation, and the river flows through the center. The dam appears to be a concrete or masonry structure with a slightly uneven top surface. The surrounding landscape is hilly and forested.

Riscos a jusante de barragens: da perceção pública à gestão de emergência

**Os autores agradecem à participação de:
INAG, EDP, ANPC, EDIA, AdTMAD, Câmaras Municipais de Silves, Beja, Faro**