

GUILHERME D'OLIVEIRA MARTINS  
**UMA PRIORIDADE  
PARA SEMPRE**

ROSÁRIO OLIVEIRA  
**«LOCCIMETRO»:  
UMA METÁFORA  
PARA A REINVENÇÃO  
DO LUGAR**

MARIE-CHRISTINE LABOURDETTE  
**MUSEUS  
SUSTENTÁVEIS –  
MUSEUS DO AMANHÃ:  
PERSPETIVAS  
DE FUTURO**

ANNE GRADY/LÚCIA SALDANHA  
**TURISMO CULTURAL  
SUSTENTÁVEL:  
NÃO SEPARAR O  
QUE É INSEPARÁVEL**

PAULO PEREIRA  
**ARQUITETURAS  
MARGINADAS II:  
O MEU «COMBOIO  
ELÉTRICO»**

JOÃO PAULO MARTINS  
**PATRIMÓNIO MÓVEL  
CONTEMPORÂNEO:  
(RE)CONHECIMENTO  
E SALVAGUARDA**

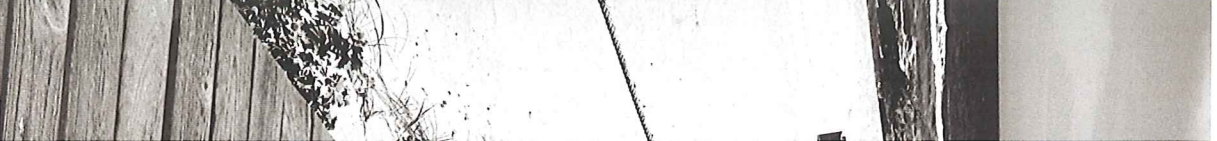
ANGELA MELO  
**AS FACHADAS DO  
TEATRO NACIONAL  
DE SÃO JOÃO,  
NO PORTO**

**REVISTA  
PATRIMÓNIO  
NÚMERO SEIS  
NOV. 2019**  
15€

GUILHERME MACHADO VAZ  
**A RECUPERAÇÃO  
DO EDIFÍCIO  
DA REAL VINÍCOLA  
EM MATOSINHOS**

# **Avaliação e mitigação dos riscos em património construído: risco sísmico, de galgamento costeiro e de incêndios florestais**

**Helena Cruz, João Lutas Craveiro  
Conceição Juana Fortes,  
Alexandra Carvalho**  
Laboratório Nacional de Engenharia Civil





↑ Casas em risco por galgamento oceânico.  
Paramos, Espinho.

O risco refere-se à probabilidade de ocorrerem danos causados pela manifestação de um determinado perigo, sendo função da perigosidade, da exposição (de pessoas e bens) e da vulnerabilidade dos elementos expostos face a esse perigo. Um componente essencial da avaliação do risco é a análise da perigosidade associada aos perigos identificados num dado território, sejam de origem natural ou decorrentes da ação humana. Outro componente essencial é a análise dos elementos (pessoas e bens) expostos aos perigos, bem como as características que contribuem para a sua vulnerabilidade – ou a sua resiliência em situação de acidente grave ou de catástrofe. Nesta comunicação dá-se conta de alguns estudos desenvolvidos pelo LNEC nos domínios da avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade sísmica das construções, da perigosidade de agitação costeira e risco de galgamentos costeiros e da avaliação da vulnerabilidade de edifícios aos incêndios florestais.

## Introdução

A perigosidade reflete a possibilidade de se manifestar um dado perigo numa dada área geográfica, com determinada intensidade e num dado período de tempo. Refere-se assim às características próprias de um determinado sistema, sem ter em conta os danos que poderão decorrer da sua manifestação.

O risco refere-se à probabilidade de se verificarem danos causados pela manifestação de um certo perigo, sendo função: da perigosidade, da exposição (de população ou de bens económicos, ambientais, sociais ou culturais) e da vulnerabilidade dos elementos expostos face a esse perigo.

Consequentemente, as estratégias de mitigação do risco envolvem geralmente a redução da exposição (por exemplo, limitando o número e tipo de construções em zonas de elevada perigosidade ou condicionando a sua utilização e ocupação) ou a redução da vulnerabilidade desses elementos ao perigo considerado, ou ambas, uma vez que a redução da perigosidade não é geralmente possível.

No que se refere ao património construído no território nacional, destaca-se, de entre os perigos de origem natural: sísmos, vento forte, erosão hídrica dos solos motivada por precipitação, cheias, inundações urbanas, inundações por galgamentos costeiros ou por *tsunami*, movimentos de massa em vertentes (desabamentos e deslizamentos), erosão costeira (recuo e instabilidade de arribas, destruição de praias e sistemas dunares). Dos perigos decorrentes da ação humana merecem aqui destaque: incêndios florestais, incêndios em áreas urbanas consolidadas, colapsos de edifícios em áreas urbanas consolidadas, inundações por rotura de barragens.

Alguns perigos podem mesmo ser caracterizados por poderem apresentar uma origem quer natural quer induzida, como é o caso da erosão costeira. Os incêndios florestais são também um caso particular, pois se grande parte das causas de ignição deriva de fatores humanos, diretos ou indiretos, as consequências encontram-se muito dependentes de razões de ordem natural.

Não deve pois ser ignorada a possibilidade de manifestação de perigos múltiplos, que podem ou não interagir ou surgir encadeados no tempo, com efeitos cumulativos.

A avaliação do risco engloba a inventariação dos perigos e respetiva probabilidade de ocorrência, intensidade e distribuição geográfica, bem como a identificação de pessoas e bens que podem ser atingidos pela manifestação desse perigo ou conjunto de perigos e ainda a estimativa do valor previsível dos danos ou perdas.

Um componente essencial da avaliação do risco é assim a análise da perigosidade associada aos perigos identificados num dado território. As cartas de perigosidade permitem deste modo reconhecer os locais de maior perigo, sinalizar os elementos vulneráveis existentes e desta forma identificar as áreas prioritárias de intervenção.

Outro componente essencial é a análise dos elementos (pessoas e bens patrimoniais, ambientais, sociais e culturais) expostos aos perigos, bem como as características que contribuem para a sua vulnerabilidade ou a sua resiliência em situação de acidente grave ou de catástrofe.

Note-se que a vulnerabilidade das construções a um determinado perigo depende na generalidade da sua tipologia, mas pode ser fortemente afetada por deficiências de construção, pelas alterações introduzidas e pela degradação dos materiais. Verifica-se também que muitas intervenções ditas de reabilitação do património edificado acabam por conduzir ao aumento da sua vulnerabilidade, mercê de opções inadequadas em termos de materiais ou de soluções arquitetónicas ou estruturais. Em contraponto a isto, constata-se que o aumento da resiliência das construções poderia muitas vezes ser assegurado com um pequeno acréscimo de custos, apenas se compreendendo que tal não seja feito por desconhecimento.

O LNEC tem desenvolvido importantes estudos nestes domínios, nomeadamente nas áreas de avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade sísmica das construções, da perigosidade de agitação costeira e risco de galgamentos costeiros e da avaliação da vulnerabilidade de edifícios aos incêndios florestais, de que se dará conta adiante.

## Risco sísmico e o simulador de cenários sísmicos LNECloss

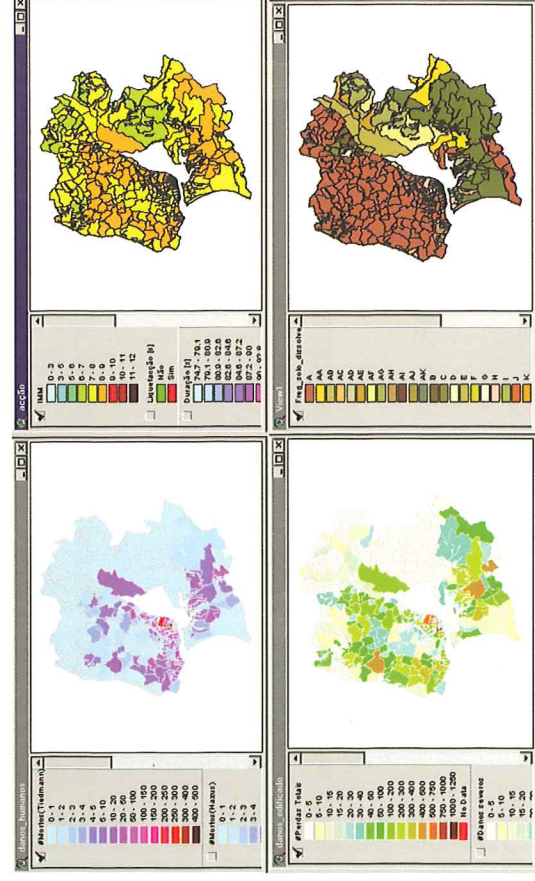
Na área da avaliação do risco sísmico, o LNEC tem tido um papel fundamental na investigação científica em matérias relacionadas com a perigosidade sísmica, a caracterização da ação sísmica, a avaliação do risco e o desenvolvimento de estratégias para redução da vulnerabilidade sísmica.

No âmbito do projeto «Caracterização, vulnerabilidade e estabelecimento de danos para o planeamento de emergência sobre o risco sísmico na Área Metropolitana de Lisboa e nos municípios de Benavente, Salvaterra de Magos, Cartaxo, Alenquer, Sobral de Monte Agraço, Arruda dos Vinhos e Torres Vedras», promovido pelo então Serviço Nacional de Proteção Civil (SNPC), agora Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), foi desenvolvido no LNEC um simulador de cenários



✓ Simulador de cenários sísmicos LNECLOSS.

→ Exemplo de resultados duma simulação, obtidos pelo LNECLOSS.



sísmicos (simulador) constituído por um pacote de rotinas integradas num sistema de informação geográfica (SIG). O simulador consiste numa ferramenta computacional para modelar e estimar a ação sísmica no substrato rochoso e à superfície, os danos estruturais no edificado, as perdas humanas e as perdas económicas em consequência de um cenário sísmico de ocorrência predefinido ou especificado pelo utilizador (Campos Costa *et al.*: 2004; Sousa *et al.*: 2004; Sousa *et al.*: 2006).

Encontra-se estruturado de uma forma modular, o que lhe permite uma grande versatilidade em termos de atualização de dados e modelos de simulação e é regularmente atualizado com incorporação de novas metodologias ou dados.

A unidade elementar de análise do programa de simulação é a freguesia de qualquer região de Portugal continental e do arquipélago dos Açores.

Os elementos que constituem os dados de entrada para o simulador encontram-se armazenados em bases de dados que incluem a informação apurada nos Censos 2011 sobre o edificado residencial e os seus ocupantes.

A informação está organizada em função das variáveis relevantes para a caracterização da vulnerabilidade dos elementos em risco e referenciada geograficamente.

Este simulador constitui, sem dúvida, uma importante ferramenta para a avaliação e mitigação do risco sísmico em Portugal (Sousa *et al.*: 2010), podendo ser utilizado, nomeadamente, para:

- i) O planeamento de emergência e sua gestão, uma vez que opera em tempo real;
- ii) O apoio à decisão em estratégias de intervenção sobre o parque construído, permitindo estudar o seu efeito por áreas geográficas, tipo de construção, etc., e assim identificar as estratégias mais eficazes em termos de custo-benefício;
- iii) A definição de taxas de prémio de risco sísmico no setor da indústria seguradora.

O LNECLOSS permite, para além da avaliação do risco sísmico para uma cidade, uma avaliação do risco para um elemento em particular, nomeadamente, estruturas críticas ou património construído com interesse histórico. Com a informação geográfica de qualquer elemento construído e o conhecimento da sua tipologia (vulnerabilidade), é possível estimar o dano após ocorrência de qualquer evento sísmico (regra

geral, o dano é classificado em cinco categorias: ausência de dano, dano ligeiro, dano moderado, dano severo e colapso) e estimar custos de reparação. Permite, ainda, simular técnicas de reforço adequadas às diversas tipologias, estudar o impacto de tais técnicas sobre o elemento exposto e identificar a técnica mais eficaz para o elemento em questão.

Nestes casos particulares de tipologias ou estruturas únicas, é ainda possível ter em conta o estado atual do edifício (deterioração) alterando a curva de vulnerabilidade da tipologia.

### Risco de galgamento costeiro e o projeto HIDRALERTA

O sistema HIDRALERTA é um sistema de previsão e alerta de situações de emergência e de avaliação de risco associado ao galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias. Foi desenvolvido no âmbito de um projeto homónimo, HIDRALERTA, PTDC/AAC-AMB/120702/2010, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), com a participação do LNEC, da Universidade dos Açores e da Universidade Nova de Lisboa (Poseiro *et al.*: 2014; Fortes *et al.*: 2015, Sabino *et al.*: 2018). O protótipo do sistema encontra-se em funcionamento para a zona da Praia da Vitória, na ilha Terceira (Açores), desde 2015. Presentemente, está em curso a extensão do sistema HIDRALERTA a mais portos das ilhas dos Açores, nomeadamente aos portos de São Roque do Pico e da Madalena do Pico, no âmbito dos projetos To-SEAlert, PTDC/EAM-OCE/31207/2017 e ECOMARPORT (MAC/1.1b/081) – INTERREG MAC 2014-2020. O porto de Ponta Delgada, São Miguel, Açores e Funchal, Madeira, assim como a Costa da Caparica, Almada (no continente nacional), são outras zonas vulneráveis, cujo interesse está também já a ser equacionado como zonas a serem abrangidas pelo sistema HIDRALERTA.

O sistema HIDRALERTA utiliza as previsões de agitação marítima ao largo para a determinação dos seus efeitos em termos de caudal de galgamento e/ou de cotas de inundação em áreas específicas, recorrendo a modelos numéricos, redes neuronais e fórmulas empíricas. A comparação desses valores com limites admissíveis preestabelecidos permite:

- i) A avaliação, em tempo real, de situações de emergência e a emissão de alertas às entidades competentes sempre que

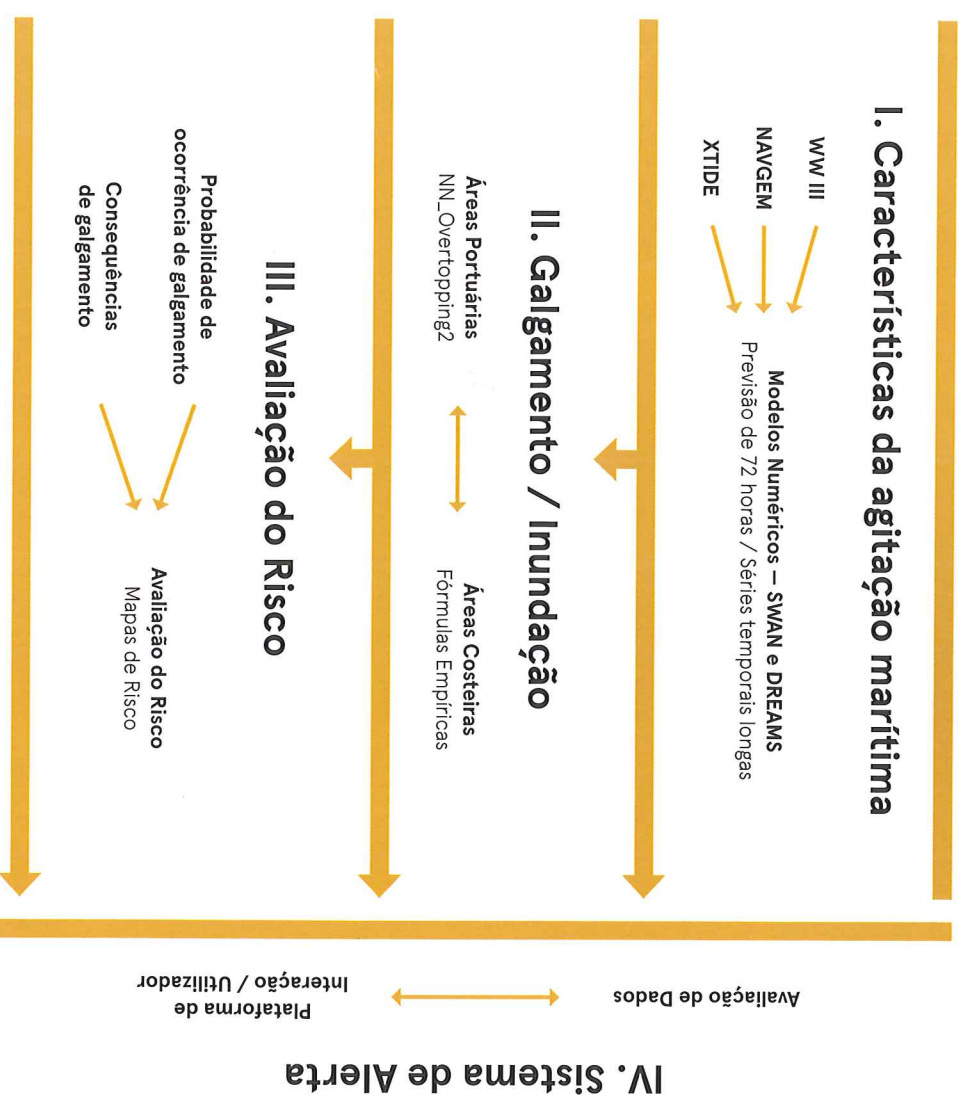
é assim  
tificados  
em des-  
alzar os  
tificar as  
elementos  
culturais)  
e contri-  
em situa-  
a um de-  
tipologia,  
de cons-  
ção dos  
es ditas  
conduzir  
s inad-  
etónicas  
ue o au-  
vezes ser  
penas se  
cimento.  
s nestes  
s nestes  
oerigosi-  
a perigo-  
costeiros  
ncêndios

### OS

tem tido  
matérias  
zação da  
o de es-  
bilidade e  
mergên-  
Lisboa e  
Cartaxo,  
e Torres  
e Prote-  
ção Civil  
cenários

nomicas

stros  
nicos



se preveja estar em causa a segurança de pessoas, bens ou atividades desenvolvidas:

i/) A construção de mapas de risco, considerando longas séries temporais de previsões de agitação marítima ou cenários predefinidos associados a mudanças climáticas e/ou a eventos extremos.

Uma vez que permite a identificação de situações de emergência, possibilita a adoção de medidas, pelas entidades responsáveis, para evitar perdas de vidas e minimizar prejuízos económicos e ambientais. O sistema (desenvolvido em Python) é constituído por quatro módulos:

O módulo I permite a determinação das características da agitação marítima em zonas costeiras e portuárias, tanto no âmbito da realização de previsões, que estão disponíveis com 72 horas de antecedência (com resultados de 3 em 3 horas), como no âmbito do estabelecimento dos regimes de agitação marítima necessários à avaliação do risco de galgamento/inundação, que estão disponíveis para vários anos anteriores.

O módulo II estima os valores do caudal médio galgado ou da cota de inundação correspondentes a uma dada condição de agitação marítima/nível de mar verificada em cada secção das estruturas analisadas na zona de estudo.

O módulo III avalia o risco de galgamento/inundação de zonas costeiras e portuárias, com a subsequente construção de mapas de risco, com base nos seguintes parâmetros:

— Natureza das atividades desenvolvidas na zona analisada e impacto do galgamento/inundação na segurança de pessoas e infraestruturas;

— Caudais críticos de galgamento associados a cada zona ou estrutura;

— Consequências de ocorrência de um caudal acima dos limites definidos;

— Grau de probabilidade de ocorrência desses caudais.

O módulo IV efetua a previsão, em tempo real, das situações de emergência para uma determinada área de interesse e envio automático de mensagens de alerta para as autoridades responsáveis.

O sistema de alerta é constituído por dois componentes: avaliação de dados e interação com o utilizador. No componente de avaliação de dados, o sistema parte do princípio que o nível de alerta é determinado de acordo com os limiares de galgamento/inundação alcançados em cada secção das estruturas analisadas. Os resultados gerados (gráficos, mapas e relatórios) são depois transmitidos ao componente de interação com o utilizador que permite também visualizar os mapas de alerta, que destacam os diferentes níveis de alerta e o conjunto de atividades ou bens que se podem encontrar em perigo.

Refira-se ainda que na identificação das zonas mais suscetíveis a danos e mapeamento de vulnerabilidades sociais (pela presença de pessoas e bens e afetação de atividades) é possível incluir indicadores socioeconómicos e de tipologias habitacionais, bem como património edificado, como forma de reforçar os respetivos mapas de consequências.

Noutro estudo financiado igualmente pela FCT, pelo LNEC e pela Universidade Nova de Lisboa<sup>1</sup>, o privilégio das questões sociais e territoriais permitiu ter em conta, para além da quota

do terreno e da eventual subida do nível da água com galgamentos costeiros, a variação e densificação da ocupação habitacional, as distâncias das habitações à linha da costa e índices de vulnerabilidade por grupos sociais, entre outros indicadores.

Obviamente, a existência e o tipo de infraestruturas de proteção costeira tem de ser considerado, a par da exposição de pessoas e bens, assim como de elementos patrimoniais classificados ou sinalizados pela sua importância. Metodologias multicritério (Craveiro *et al.*: 2012) aplicadas pelos projetos mencionados constituem, deste modo, ferramentas essenciais para a inclusão e correlação de indicadores de diversa natureza, biofísica, infraestrutural e socioeconómica com o objetivo de mapear as zonas sensíveis e, consequentemente, desenvolver informação de apoio aos sistemas de alerta e para medidas de prevenção, socorro e reparação.

Acrescente-se que as zonas costeiras, para além de se encontrarem expostas a perigos que são comuns a outras zonas do Interior do País, também são zonas suscetíveis à ocorrência de danos em função de galgamentos oceânicos e outros riscos derivados da densificação humana e da artificialização do solo (Pires *et al.*: 2012; Poseiro *et al.*: 2013). Com efeito, com uma linha de costa de aproximadamente 987 km, as zonas costeiras concentram grande parte do edificado e do património construído, da população residente e da produção de riqueza. Os municípios com orla costeira representam cerca de três quartos da população residente e cerca de 80% do PIB.

Além disso, constituindo zonas de acesso privilegiado ao mar muitas vezes em conjugação com antigas linhas privilegiadas de transporte fluvial, as zonas costeiras reúnem uma importância histórica e de identidade nacional incalculável, ilustrada no seu património classificado, que, em muitas situações, requer já cuidados especiais de proteção contra inundações costeiras.

Consequentemente, intervir de modo a salvaguardar o património edificado requer a mobilização de saberes transdisciplinares e o compromisso de agentes políticos, sociais e económicos. O LNEC tem ensaiado, a par de metodologias multicritério, para o mapeamento e a prevenção de riscos em zonas costeiras, como nos estudos referidos, linhas de investigação em metodologias colaborativas especificamente apli-

cadas para a facilitação de compromissos interinstitucionais e a sensibilização das populações e *stakeholders* envolvidos na proteção e valorização do património.

Tanto mais que a proteção e valorização deste património sobre a orla costeira representa também um recurso de atração turística e espelha bem a identidade e o dinamismo da vida urbana nas suas vertentes sociais, económicas e culturais.

### Vulnerabilidade de edifícios a incêndios florestais

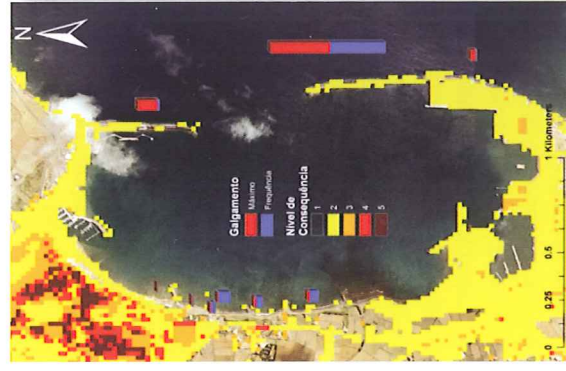
Os incêndios florestais representam uma séria ameaça ao ambiente, à vida humana e ao património construído, colocando em sério risco parques naturais e edifícios dispersos no meio de manchas florestais.

Desastres com destruição de edifícios resultam de uma sequência de fatores, incluindo a existência de condições propícias para a ocorrência de um incêndio florestal com comportamento extremo, edifícios pouco resistentes à ignição, ações de supressão de incêndio insuficientes e medidas de proteção dos edifícios contra o fogo reduzidas ou inexistentes (Laranjeira *et al.*: 2014).

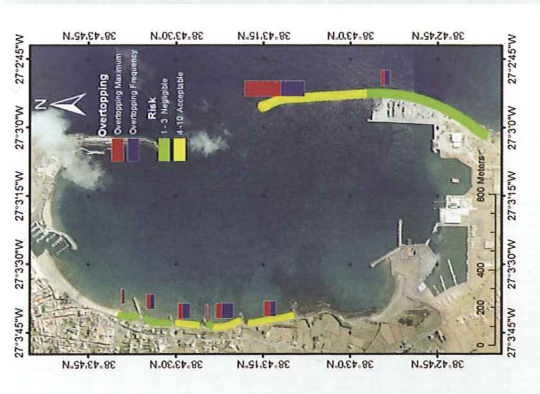
São assim ferramentas essenciais de planeamento estratégico «macro» de intervenção no combate aos incêndios florestais as cartas de risco de incêndio florestal. O índice de risco de incêndio determinado para uma dada zona do território traduz o risco de progressão rápida de um incêndio florestal e tem em conta, nomeadamente, as características morfológicas (declive do terreno, exposição de vertentes, clima, ocupação do solo, combustível vegetal disponível) e as características estruturais facilitadoras da defesa da floresta contra incêndios (postos de vigia, pontos de água, rede viária) (Gouveia: 2006).

Ao nível do edifício, as estratégias de proteção requerem o conhecimento dos mecanismos de ignição das construções devidos a incêndio florestais, relacionados com a tipologia construtiva, os materiais de construção usados e pormenores arquitetónicos.

O Relatório de Peritagem do Incêndio de Pedrógão Grande (Xavier Viegas: 2018) veio confirmar a experiência já colhida noutros países. Verificou-se que em 61% das estruturas danifi-



Mapa de consequências e mapa de risco.





↑  
Edifício destruído  
por incêndio florestal.



↑  
Sismo D'Aquila,  
Itália, 2009.

cadadas nesse desastre a ignição resultou da projeção de partículas incandescentes (fagulhas) oriundas do incêndio; em cerca de 21% resultou do impacto direto do fogo nas estruturas e em 18% de materiais a arder na imediação. A maior parte das estruturas danificadas era de alvenaria de tijolo (51%) ou de pedra (40%), espelhando a distribuição de tipologias correntes no território nacional. Cerca de 62% das ignições parecem ter ocorrido pelo telhado, devido ao depósito de partículas incandescentes em pontos vulneráveis ou ação do vento que levantou os telhados ou parte deles; independentemente do seu estado de conservação ou materiais de construção: 33% das ignições ocorreram a partir das janelas (com vidros partidos ou sem vidros) ou portas. O calor foi responsável por danos em persianas e outros elementos plásticos, portas, paredes e vidros.

As medidas de defesa foram também identificadas como claramente determinantes, dado que 70% das estruturas danificadas não tiveram ninguém a defendê-las do fogo.

O Relatório (Xavier Viegas: 2018) apurou ainda sérias deficiências quanto à gestão de combustíveis na envolvente da estrutura, aspeto que assume maior importância nas estruturas isoladas em espaço natural, em que toda a envolvente é vulnerável à chegada do fogo e a falta de um plano de autoproteção com a identificação de caminhos de evacuação, caminhos de fuga ou locais seguros para a população, e ainda como atuar em caso de incêndio (ficar em casa ou fugir?).

Conclui-se assim da nossa experiência recente e de estudos anteriores (Xanthopoulos *et al.*: 2011) que em regiões mediterrânicas, onde é comum a utilização de materiais combustíveis no exterior dos edifícios, a estratégia de proteção passa por evitar a ignição do recheio. São assim fatores de vulnerabilidade as aberturas e pontos fracos do edifício (janelas, portas exteriores, respiradouros, chaminés e coberturas), que permitam a entrada do fogo e a ignição de materiais no interior do edifício.

Janelas abertas ou caso o vidro parta ou rache possibilitam a entrada de partículas incandescentes: mesmo fechadas, o recheio é exposto a radiação do exterior.

De acordo com relatórios pós-incêndio (citados por Laranja *et al.*: 2014), o uso de portas ou estores resistentes ao fogo (fechados durante o fogo) ou redes mosquiteiras metálicas parece ter protegido as casas durante incêndios florestais. Portas exteriores constituem pontos vulneráveis à acumulação de partículas incandescentes em concavidades, juntas e recesos, enquanto a existência de barreiras resistentes ao fogo em portas ou a sua construção com materiais adequados parece ter protegido as casas durante incêndios florestais.

São particularmente vulneráveis as coberturas com estrutura e forros de madeira (interiores e exteriores em zonas em balanço junto ao beirado), com isolamentos térmicos que sejam facilmente inflamáveis, englobando sótãos com materiais combustíveis acumulados. A ignição do interior ocorre frequentemente a partir de telhas em falta ou partidas, ou de caieiras onde se acumulam vegetação morta e partículas incandescentes. Compreende-se assim que o maior impacto ocorra geralmente em estruturas desocupadas, devolutas e em mau estado de conservação.

Relativamente à gestão do espaço envolvente, verifica-se que a vegetação e outras estruturas adjacentes podem constituir uma barreira contra a radiação mas, após ignição, são fonte de chamas, partículas e radiação. No entanto, plantas selecionadas, bem posicionadas e mantidas, podem reduzir a exposição de edifícios ao fogo: vedações não combustíveis ou vedações de madeira regularmente molhadas durante o incêndio atuam como barreiras contra a radiação. Paredes de contenção, caminhos e revestimentos de piso não combustíveis mostraram dificultar a propagação do fogo.

Compreende-se desta forma a vantagem de adaptar as características dos edifícios expostos ao perigo de incêndio, tanto no âmbito da construção nova como de intervenções de reabilitação, nomeadamente no caso de edifícios com valor patrimonial.

A semelhança do que é prescrito pela Norma Neozelandesa AS 3959-2009: Construção de edifícios em áreas com risco potencial de fogos florestais, considera-se que devem ser estabelecidas não apenas medidas quanto à gestão de combus-



## Fatores favoráveis para o comportamento ao fogo de edifícios

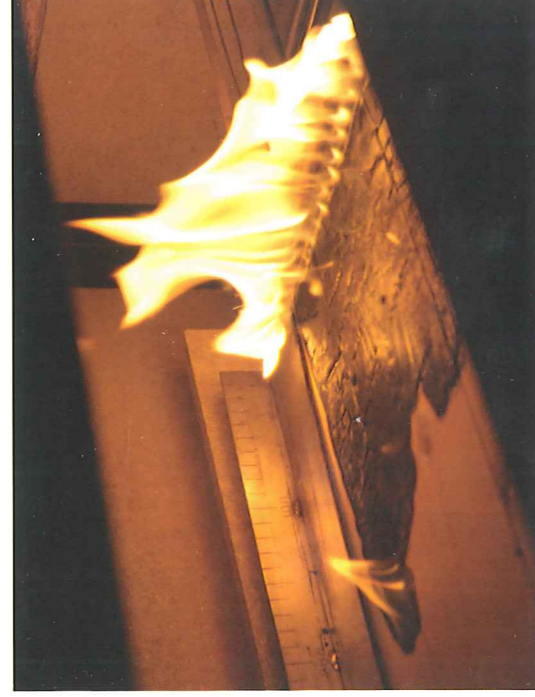
Aberturas ou pontos críticos na envolvente do edifício em boas condições e protegidos com determinados elementos

- Portadas ou estores resistentes ao fogo e fechados durante o fogo.
- Barreiras resistentes ao fogo em aberturas de ventilação e portas.
- Redes metálicas em chaminés e aberturas no telhado e beirais.
- Telhos côncavos preenchidos com cimento nas aberturas dos beirais.

Proteção e limpeza de juntas ou recessos e concavidades na fachada, cobertura e caixilharia de portas e janelas.

Envolvente imediata do edifício

- Adequada seleção e manutenção da vegetação viva e morta.
- Vedações, sombreamentos e mobiliário de jardim não combustíveis ou regularmente molhados.
- Paredes de contenção em materiais não combustíveis.
- Caminhos e contornos do edifício em gravilha.



↑ ← Ensaios «Single Burning Item» (SBI) de produtos e sistemas de construção e ensaio de pisos/pavimentos na Unidade de Reação ao Fogo (URF) do LNEC.



tíveis em redor dos edifícios mas igualmente recomendações quanto à construção e proteção.

A redução da vulnerabilidade dos edifícios inseridos na interface urbano-florestal aos mecanismos de ataque de fogos florestais passará, por um lado, pela avaliação do potencial risco de incêndio florestal no local de construção (estabelecido em geral nas respetivas cartas de risco) e, por outro, pela adoção de medidas de gestão da envolvente e de soluções construtivas a utilizar nos diversos componentes — exteriores e interiores — do edifício, para níveis elevados de risco de incêndio florestal.

No que se refere aos aspetos construtivos, no caso de património inserido em zonas de risco elevado de incêndio florestal, considera-se que a mitigação do risco poderá, por exemplo, passar pela adoção das seguintes medidas:

— Proteger com rede metálica (abertura máxima de 2 mm) as chaminés e outras aberturas de ventilação em paredes exteriores e em coberturas;

— Utilizar caixilharia de portas e janelas resistente à exposição a radiação (por exemplo, madeiras com elevada densidade) ou prever a sua proteção por portadas ou estores resistentes ao fogo (fechados durante o incêndio);

— Selecionar adequadamente todos os materiais orgânicos ou sintéticos utilizados em sombreamentos ou revestimentos de fachada e de cobertura, barreiras para-vapor, barreiras e selantes contra infiltrações/impermeabilização e isolantes térmicos (placas, projetados, soltos, etc.), visto que estes podem constituir um risco acrescido, pelo facto de serem combustíveis em maior ou menor grau (facilidade de ignição, calor libertado, propagação a outros elementos);

— Evitar elementos exteriores, como alpendres, decks ou mobiliário de jardim, combustíveis diretamente ligados ao edifício. Em alternativa à utilização de materiais não combustíveis, os elementos exteriores combustíveis devem resistir à exposição a radiação por meio de tratamentos retardadores de



#### BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS COSTA, A.; SOUSA, M. L.; CARVALHO, A.; BILÉ SERRA, J.; MARTINS, A.; CARVALHO, E. C. — Simulador de cenários sísmicos integrado num sistema de informação geográfica. *6ESSES*. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Guimarães, 2004, pp. 455-464.
- CRAVEIRO, J. L.; Antunes, O.; FREIRE, P.; OLIVEIRA, F.; ALMEIDA, I. D.; SANCHO, F. — Comunidades Urbanas na Orla Costeira: A Metodologia Multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) para a construção de um Índice de Vulnerabilidade Social face à Ação Marítima. *2.º Congresso Ibero-Americano de Responsabilidade Social*. Lisboa: ISEG, outubro de 2012.
- FORTES, C. J. E. M.; REIS, M. T.; POSEIRO, P.; SANTOS, J. A.; GARCIA, T.; CAPITÃO, R.; PINHEIRO, L.; REIS, R.; CRAVEIRO, J.; LOURENÇO, I.; LOPES, P.; RODRIGUES, A.; SABINO, A.; ARAÚJO, J. P.; FERREIRA, J. C.; SILVA, S. F.; RAPOSEIRO, P.; SIMÕES, A.; AZEVEDO, E. B.; REIS, F. V.; SILVA, M. C.; SILVA, C. P. — Ferramenta de Apoio à Gestão Costeira e Portuária: O Sistema HIDRALERTA. In *Atas do VIII CPZGZCPEP*, Aveiro, outubro de 2015.
- GOUVEIA, M. M. — Risco de incêndio florestal no concelho de Mirandela. *Territorium* 13. Novembro de 2006, pp. 83-92.
- LARANJEIRA, J.; CRUZ, H. — Building vulnerabilities to fires at the wildland urban interface. In *Advances in Forest Fire Research, Capítulo 3 – Fire Management*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, janeiro de 2014.
- PIRES, I.; CRAVEIRO, J. L.; ANTUNES, O. — Artificialização do solo e vulnerabilidade humana em duas zonas sujeitas a processos de erosão costeira: casos de estudo da Costa da Caparica e Espinho (Portugal). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 2012.
- POSEIRO, P.; FORTES, C. J. E. M.; SANTOS, J. A.; REIS, M. T.; CRAVEIRO, J. — Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) à análise das consequências de ocorrência de galgamentos. O caso da baía da Praia da Vitória. *8.ª JPECIP*. Lisboa: LNEC, outubro de 2013.
- POSEIRO, P.; FORTES, C. J. E. M.; REIS, M. T.; SANTOS, J. A. — Aplicações do sistema de previsão e alerta do risco de galgamentos em zonas costeiras e portuárias: Costa da Caparica e Praia da Vitória. *VISEMENO – Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica*, Rio Grande, RS–Brasil, novembro de 2014, pp. 11-20.
- SABINO, A.; POSEIRO, P.; RODRIGUES, A.; REIS, M. T.; REIS, C. J.; REIS, R.; ARAÚJO, J. — Coastal Risk Forecast System. *Journal of Geographical Information Systems*, 2018. Consultado em <https://doi.org/10.1007/s10109-018-0266-5>.
- SOUSA, M. L.; CAMPOS COSTA, A.; CALDEIRA, L. — Apreciação do risco sísmico em Lisboa. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. Lisboa: LNEC, série II, n.º 8, dezembro de 2010, pp. 25-41.
- SOUSA, M. L.; CAMPOS COSTA, A.; CARVALHO, A.; COELHO, E. — An automatic seismic scenario loss methodology integrated on a geographic information system. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper n.º 2526. Vancouver, B. C., Canadá, agosto de 2004.
- SOUSA, M. L.; CAMPOS COSTA, A.; COELHO, E. — LNECLOSS Simulador de Cenários Sísmicos integrado Num Sistema de Informação Geográfica. *Engenharia e Vida*, ano II, n.º 21, 2006, pp. 28-33.
- XANTHOPoulos, G.; BUSHY, C.; ARNOLD, C.; CABALLERO, D. (2011) — Characteristics of wildland-urban interface areas in Mediterranean Europe, North America and Australia and differences between them. *Proceedings of the 1st International Conference in Safety and Crisis Management in the Construction, Tourism and SWE Sectors*, 702-734. Nicosia, Cyprus, 2011.
- XAVIER VIEGAS, D., et al. — *O complexo de incêndios de Pedrógão Grande e concelhos limítrofes*. Iniciado a 17 de junho de 2017. Centro de Estudos de Incêndios Florestais (ADAI/LAETA), outubro de 2018.

combustão por impregnação ou revestimentos retardadores de fogo ou barreiras protetoras.

Note-se que a maioria dos produtos de construção é abrangida pela marcação CE, devendo os fabricantes declarar as respetivas características de reação ao fogo, com base em ensaios laboratoriais realizados em laboratórios reconhecidos, como é o caso do LERF/URF, se tal for relevante para o tipo de aplicação.

#### Conclusões

Os estudos desenvolvidos pelo LNEC nas áreas de avaliação da perigosidade e da vulnerabilidade sísmica das construções, da perigosidade de agitação costeira e risco de galgamentos costeiros e da avaliação da vulnerabilidade de edifícios aos incêndios florestais, bem como o conhecimento das edificações e os meios laboratoriais para caracterização dos materiais, constituem importantes meios para a mitigação de alguns dos mais relevantes riscos que o património construído nacional enfrenta.

Intervir de modo a salvaguardar o património edificado requer a mobilização de saberes transdisciplinares e o compromisso de agentes políticos, sociais e económicos. O LNEC tem desenvolvido metodologias multicritério para o mapeamento e a prevenção de riscos, bem como linhas de investigação em metodologias colaborativas especificamente aplicadas para a facilitação de compromissos interinstitucionais e a sensibilização das populações e *stakeholders* envolvidos na proteção e valorização do património.

#### NOTAS

- Agradece-se a colaboração de Pedro Poseiro, Maria Teresa Reis, Carlos Pina dos Santos e João Laranjeira no âmbito deste trabalho. Agradece-se ao projeto To-Sealet, PTDC/EAM-OCE/31207/2017.
1. O projeto RENCOASTAL (PTDC/CS-SOC/103212/2008-2013), Regulações e Conflitos Ambientais Devido à Erosão Costeira, cuja informação cartográfica e alguns outros produtos podem ser consultados aqui: URL: <https://rencoastal.weebly.com>. Consultado em 31 de outubro de 2018.