

# Avaliação de risco em património - Estratégias de inventariação e gestão de informação

## Esmeralda Paupério

Eng. Civil, Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, [pauperio@fe.up.pt](mailto:pauperio@fe.up.pt)

## Xavier Romão

Assistente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, DEC, Porto, Portugal, [xnr@fe.up.pt](mailto:xnr@fe.up.pt)

## Filipe Neves

Eng. Civil, NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, Lda, Porto, Portugal, [fjneves@ncrep.pt](mailto:fjneves@ncrep.pt)

## Aníbal Costa

Prof. Catedrático, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, [agc@ua.pt](mailto:agc@ua.pt)

*RESUMO: A inventariação e a gestão da informação relativa ao património edificado têm uma importância inquestionável na sociedade moderna. Neste contexto, a utilidade das ferramentas baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na gestão e inventariação do edificado é demonstrada pela sua versatilidade em permitir a análise, a manipulação, o armazenamento e o mapeamento dum volume elevado de informação. Neste âmbito, o artigo proposto apresenta e discute a aplicação de ferramentas baseadas em SIG envolvendo diferentes tipos de inventariação e de gestão da sendo apresentadas propostas no domínio da inventariação de materiais e danos em construções patrimoniais.*

*PALAVRAS-CHAVE: sistemas de informação geográfica, inventariação, património, risco*

## INTRODUÇÃO

Em caso de ocorrência de catástrofes, revela-se importante que os centros de comando de operações disponham de informação atualizada sobre os edifícios que permita minimizar as perdas de bens patrimoniais, fatores de identidade de um povo e de uma cultura [1-3]. Nos recentes sismos ocorridos em Itália, no Haiti, no Chile e mais recentemente em Espanha, verificaram-se grandes perdas patrimoniais com o colapso parcial ou total de Igrejas, Museus, entre outros, que obrigaram à implementação de procedimentos de emergência e ao estabelecimento de diferentes níveis de prioridades, face aos edifícios atingidos e ao número de equipas disponíveis. Em Itália, após o sismo de L'Aquila, as equipas de inspeção dos edifícios patrimoniais foram lideradas por técnicos da Proteção Civil e incluíam elementos dos Bens Culturais, engenheiros, arquitetos e voluntários. Ao nível do património móvel, estas equipas contavam ainda com pessoal técnico dos museus, de membros da organização internacional Blue Shield e de outras organizações. Em Espanha, após o sismo de Lorca, a evacuação do Museu Guevara esteve a cargo dos responsáveis pelos Bens Culturais, envolvendo procedimentos adequados para o seu acondicionamento, transporte e registo de controlo. No caso dos bens móveis das igrejas, estes foram retirados imediatamente após o sismo para a via pública pelos populares, sendo posteriormente transportados para locais de

armazenamento. As Figs. 1 a) e b) apresentam imagens de situações de resgate de obras de arte na sequência dos sismos de L'Aquila em abril de 2009 e de Lorca em maio de 2011.



Figura 1: a) Bombeiros resgatam uma Madonna de mármore do topo duma igreja em Paganica (sismo de L'Aquila de 06/04/2009); b) Quadros duma sala a evacuar no Palácio Guevara em Lorca.

Uma observação mais próxima da gestão deste tipo de catástrofes, particularmente no caso do sismo de L'Aquila dada a quantidade considerável de património envolvido, permitiu perceber o quão importante é deter o conhecimento acerca da quantidade e do tipo de edifícios patrimoniais, bem como dos seus conteúdos, pois permite uma gestão mais eficaz dos recursos e dos meios. Assim, em áreas urbanas de maior densidade, torna-se importante inventariar e registar os edifícios património para que, em caso de intervenção de emergência, a atuação seja mais dirigida. Estes registos devem abranger aspetos técnicos do edifício, tal como os materiais construtivos, o estado estrutural do edifício e a localização das infraestruturas, conjugando-os com os seus conteúdos e o posicionamento urbano do edifício. Este conhecimento será um auxiliar de decisão fundamental na definição de linhas de atuação sobre o edifícios permitindo:

- Estabelecer prioridades de intervenção em edifícios nessa determinada área urbana;
- Estabelecer prioridades de intervenção sobre os conteúdos;
- A definição de vias prioritárias de acesso;
- A escolha do tipo de veículos, de equipas de transporte e de locais de armazenamento para o património móvel em caso de necessidade de evacuação.

No contexto da mitigação dos riscos em património, propõe-se então o desenvolvimento duma plataforma de gestão traduzida por uma matriz urbana onde, entre outra, toda a informação relativa aos edifícios e aos seus conteúdos seja vertida, permitindo a gestão desses riscos à escala urbana.

As ferramentas informáticas baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) mostram ter um considerável potencial nos domínios da referenciação e da gestão de dados com fortes componentes de análise espacial/geográfica, sendo bastante interessante a sua utilização no contexto da gestão de riscos ao nível duma determinada área urbana, considerando a articulação dos edifícios e dos seus conteúdos. O presente artigo discute diferentes ferramentas baseadas em SIG, abordando os seguintes tipos de inventariação com vista à gestão desta informação:

1. Caracterização de materiais e levantamento de danos relativos a edifícios correntes;
2. Caracterização e levantamento de danos relativos a edifícios patrimoniais;

3. Levantamento de património móvel;
4. Caracterização de níveis de risco, à escala urbana, conjugando a informação obtida nos pontos 2 e 3.

O desenvolvimento das aplicações associadas aos pontos 1 e 2, que estão atualmente em fase final de implementação, será apresentado em seguida de forma mais detalhada.

## **FERRAMENTAS BASEADAS EM SIG PARA A CARACTERIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Atendendo à definição de uma matriz urbana previamente referida e ao levantamento e inspeção de edifícios (integrando-se ou não o levantamento do seu conteúdo) apresenta-se em seguida um conjunto de propostas de ferramentas baseadas em SIG que permitem realizar a inventariação da informação necessária para o desenvolvimento adequado da matriz urbana. Cada uma das propostas pressupõe a existência de cartografia ou desenhos técnicos (plantas e alçados) que permitam o registo e a inventariação dos dados relevantes.

### **Proposta 1 – Sistema de inventariação de materiais e danos em edifícios (SIMDE)**

O desenvolvimento do SIMDE, uma ferramenta em ambiente de SIG, atendeu aos seguintes objetivos:

- Permitir uma inventariação adequada ao tipo de construção;
- Com base numa única ferramenta, permitir identificar e registar materiais, danos, pontos de monitorização e elementos estruturais que não estejam adequadamente identificados no desenho base;
- Permitir a definição de mapas de informação de forma flexível e ajustada às necessidades;
- Permitir a definição dum índice de vulnerabilidade para cada construção que pode servir de suporte para decisões de reabilitação/reforço ou de intervenção prioritária no caso de acidente/catástrofe;
- Funcionar como auxiliar na monitorização da evolução dos danos registados por alteração da sua intensidade quando forem efetuados vários levantamentos espaçados no tempo;
- Permitir anexar esta informação a uma base de dados acessível pela Internet;
- Permitir a atualização da informação registada em qualquer momento.

### **Proposta 2 – Sistema de inventariação de património móvel em edifícios património (SIPaMo)**

O SIPaMo constitui uma ferramenta em ambiente de SIG, atualmente em fase de desenvolvimento, que atende aos seguintes objetivos:

- Permitir uma inventariação adequada ao tipo de conteúdo;
- Com base numa única ferramenta, permitir identificar e registar a localização de objetos, as suas condições de exposição, o seu grau de importância e as rotas para a sua evacuação;

- Permitir a definição de mapas de informação de forma flexível e ajustada às necessidades;
- Permitir a definição dum índice de vulnerabilidade para cada construção que pode servir de suporte para decisões de intervenção prioritária no caso de acidente/catástrofe;
- Permitir anexar esta informação a uma base de dados acessível pela Internet;
- Permitir a atualização da informação registada em qualquer momento.

### **Proposta 3 – Sistema de inventariação de níveis de risco à escala urbana (SIRU)**

O SIRU, ferramenta a desenvolver em ambiente de SIG, irá atender aos seguintes objetivos:

- Permitir a definição de medidas simplificadas de classificação do grau de exposição das construções para diferentes tipos de risco que tenham em conta a informação registada nas Propostas 1 e 2;
- Permitir a visualização da informação registada na matriz urbana quer à escala urbana, quer à escala do edifício;
- Permitir a criação de mapas de risco que levem à definição dum índice de vulnerabilidade global (que pondere a influência dos índices do edifício e dos conteúdos) para cada construção e que pode servir de suporte para decisões de intervenção prioritária no caso de acidente/catástrofe;
- Permitir anexar esta informação a uma base de dados acessível pela Internet;
- Permitir a atualização da informação registada em qualquer momento.

### **Aspetos da implementação prática do SIMDE**

De modo a particularizar a implementação das ferramentas do tipo das que foram expostas nas anteriores propostas, analisam-se os aspetos mais relevantes da implementação do modelo exposto para o SIMDE, atualmente em fase final de desenvolvimento. Esta análise não procura focar os detalhes algorítmicos necessários ao desenvolvimento das aplicações, incidindo, pelo contrário, nas questões mais importantes do ponto de vista da facilidade de utilização da ferramenta e dos resultados que produz.

A implementação prática duma ferramenta como o SIMDE, e que se pretende que seja de utilização simples, pressupõe o desenvolvimento de diversos módulos informáticos que servem de interface para a manipulação da informação a considerar, os quais deverão estar associados a uma plataforma SIG. Assim, o SIMDE foi desenvolvido de modo a funcionar sobre a aplicação comercial *ArcGIS*. A interface geral desta ferramenta é constituída por dois módulos que facilitam a inventariação da informação e por outros dois módulos que permitem a sua visualização e contabilização. Do ponto de vista da utilização prática desta ferramenta, a base de trabalho necessária para se proceder ao registo da referida informação consiste num conjunto de desenhos técnicos do edifício a inventariar, nomeadamente na forma de plantas ou de alçados em formato CAD, ou de fotografias.

O desenvolvimento do SIMDE teve por base a experiência e o conhecimento adquiridos nas inúmeras inspeções levadas a cabo pelo Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. Estas inspeções, realizadas quer em edifícios correntes, quer em edifícios património, permitiram sistematizar de forma mais eficiente as

necessidades práticas dos levantamentos e da apresentação dos relatórios de inspeção. Assim, a organização do SIMDE, a identificação dos danos e a definição da simbologia a estes associada, e o modo de visualização da informação refletem a otimização desse conhecimento, simplificando os procedimentos em campo e em gabinete.

O Módulo 1 corresponde ao módulo de *inventariação de materiais estruturais e não estruturais* a partir do qual o operador tem acesso a um menu interativo que lhe permite escolher um determinado tipo de material e, seguidamente, registar sobre o desenho técnico de base (planta, alçado) a zona onde existe o referido material através de pontos, linhas ou polígonos. A Figura 2 a) mostra o menu interativo para escolha do tipo de material e a Figura 2 b) mostra a planta duma sala com os alçados rebatidos onde se encontra registado, através do polígono identificado, que o piso é de madeira.

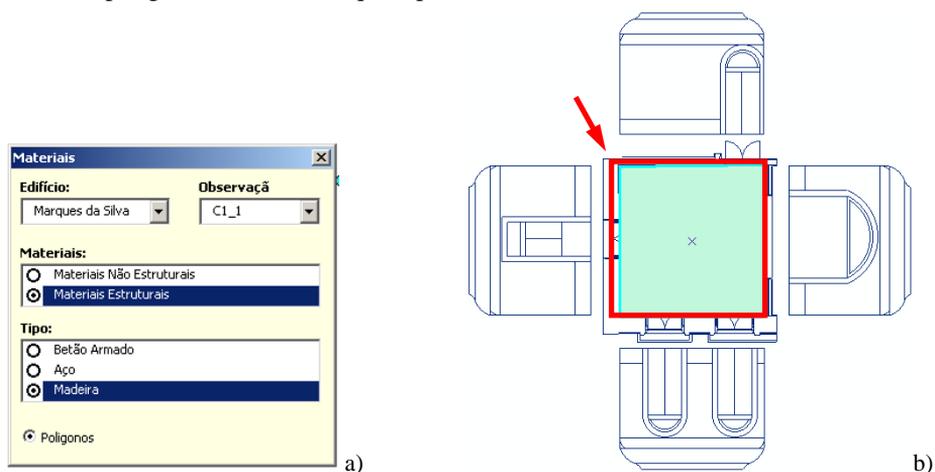


Figura 2: Módulo de inventariação de materiais estruturais e não estruturais do edifício.

O Módulo 2 corresponde ao *módulo de inventariação de danos estruturais e não estruturais*, a partir do qual o operador tem acesso a um menu interativo que lhe permite escolher um determinado tipo de dano de acordo com o material em causa, bem como o tipo de elemento onde se situa e a sua intensidade, definida de acordo com uma escala de 1 a 5. Seguidamente, o operador pode *registar* no desenho técnico de base a zona onde existe o referido dano através de pontos, linhas ou polígonos. A Figura 3 a) apresenta o menu interativo para escolha do tipo de dano e a Figura 3 b) mostra, para a mesma sala do exemplo anterior, o registo de humidades no teto de estuque (material não estrutural) através do polígono identificado.

Relativamente a estes dois módulos, salienta-se que ambos permitem, ainda, juntar notas de texto e ligações *para* fotografias que, não sendo visíveis no desenho técnico sobre o qual se efetua a inventariação, ficam associadas a determinadas regiões desse mesmo desenho e podem, a qualquer momento, ser chamadas para serem visualizadas.

Após efetuar o registo e a inventariação da informação relevante utilizando os referidos módulos, pretende-se que essa informação possa ser facilmente exibida e correlacionada através de mapas digitais e de tabelas de quantificação estatística. Para esse efeito, foram desenvolvidos dois módulos adicionais. O Módulo 3 corresponde ao módulo de *criação e visualização de mapas de danos e de materiais*, a partir do qual o operador tem acesso a um menu interativo semelhante ao da Figura 3 a) que lhe permite escolher que danos pretende

representar num determinado mapa digital que poderá ser impresso. De modo a que pudesse ser visualizado um conjunto alargado de informação em simultâneo num determinado mapa de danos, foi necessário desenvolver uma simbologia de representação adequada que permitisse distinguir, de forma simples, os diferentes aspetos relevantes dos danos registados. Atendendo a que a informação pode ser registada através de pontos, linhas ou polígonos, a simbologia definida também foi diferenciada de acordo com o tipo de objeto marcado. Em termos gerais, a informação que se pretende visualizar num mapa de danos deve conter o material onde o dano foi observado, o tipo de dano e a sua intensidade. Em determinadas situações, deve ainda ser possível visualizar informação associada à posição onde esse dano foi observado. Por exemplo, no caso de se registar um dano existente numa parede e apenas existir uma planta para se efetuar o registo dos danos, a marcação do dano na parede deverá evidenciar se o dano ocorre na zona inferior, a meia-altura ou na zona superior da parede. Um outro caso onde a informação da posição poderá ser relevante prende-se com o registo de danos em elementos estruturais cuja projeção em planta se sobrepõe. Assim, o registo de danos em pisos e tetos numa mesma planta deverá ser diferenciado, bem como a marcação de danos em vigas, pilares e paredes cujos alinhamentos possam ser coincidentes em planta.

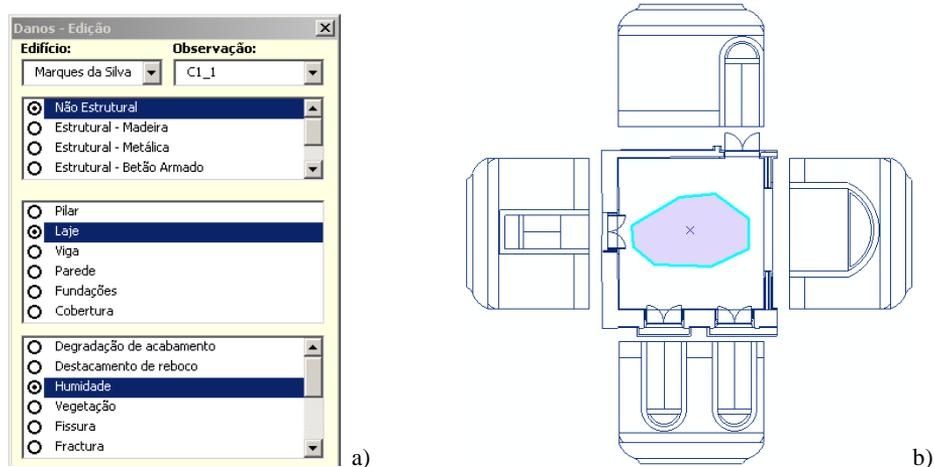


Figura 3: Módulo de inventariação de danos estruturais e não estruturais do edifício.

## Exemplo de utilização do SIMDE

Apresenta-se em seguida um exemplo de aplicação do SIMDE. Este exemplo consiste na repetição dum inspeção de parte dum edifício, com características de Casa Museu, utilizando o SIMDE com o objetivo de comparar as duas abordagens, tendo o levantamento inicial sido efetuado através de métodos tradicionais. Com base na aplicação destas duas abordagens de levantamento, é possível salientar as vantagens resultantes da utilização do SIMDE, face à abordagem tradicional, bem como os seus aspetos menos positivos.

O exemplo considerado é um palacete do século XIX, no Porto [4], sede do Instituto Arquiteto Marques da Silva. Apresentam-se na Fig. 4 algumas vistas do alçado principal e do interior do palacete. A inspeção revelou que, neste edifício construído em granito e madeira, praticamente não existiam danos estruturais. Ao nível dos revestimentos e dos elementos decorativos que importava preservar, existiam alguns danos relevantes. Foi

efetuado um levantamento exaustivo desses danos em todos os compartimentos do palacete. Este levantamento teve como objetivo a execução do mapa de quantidades de trabalho associados à reabilitação dos danos que permitisse obter uma estimativa orçamental da obra.



Figura 4: Vista do alçado principal, da claraboia e da zona de acesso à escada no piso 1 do Instituto Marques da Silva.

A Fig. 5 a) apresenta o mapa dos danos de um dos compartimentos onde cada dano se encontra registado de acordo com uma nomenclatura e uma simbologia diferenciada. Este mapa final, efetuado em CAD, resulta do trabalho posteriormente realizado em gabinete a partir do levantamento manual detalhado feito em campo sobre desenhos técnicos. As cores consideradas foram definidas de modo a permitir uma leitura clara dos mapas de dano produzidos, face à densidade de áreas de dano identificadas nos desenhos. Salienta-se, ainda, que a intensidade dos danos não foi diferenciada no seu registo, com a exceção das fissuras, para as quais foram definidas duas intensidades (fissura e fissura forte), cada uma com uma simbologia própria. A execução do produto gráfico final da inspeção deste compartimento envolveu um tempo médio de levantamento em campo de 2 horas, para uma equipa de duas pessoas, e um tempo médio de tratamento em gabinete de 4 horas, para uma pessoa. A Fig. 5 b) apresenta o mapa de danos do mesmo compartimento obtido após o seu levantamento efetuado com o SIMDE. Enquanto que o tempo de levantamento em campo foi igualmente de 2 horas, para uma equipa de 2 pessoas, o tempo de pós-processamento em gabinete foi praticamente nulo, dado que a aplicação produz os mapas de dano finais de forma automática.

Como referido, a simbologia utilizada no levantamento com o SIMDE foi desenvolvida especificamente para esta aplicação refinando a dos danos estruturais por tipo de material em detrimento da dos danos não estruturais. Nesta simbologia, a cor é utilizada para caracterizar as diferentes intensidades dos danos, o que permite uma avaliação geral do estado de dano mais clara. Em particular, é possível observar na Fig. 5 b) que muitos dos danos registados se encontram a verde, o que corresponde a danos de baixa intensidade. Por outro lado, observa-se que se encontram marcados poucos danos de intensidade mais elevada, sendo o nível 4 o nível registado mais elevado, numa escala de 5 intensidades.

A comparação dos tempos envolvidos na execução dos mapas de danos através das duas abordagens de levantamento permite verificar que o SIMDE é claramente mais eficaz pois, para além de permitir a execução destes mapas em tempo real, o que diminui a duração global do trabalho, permite, ainda, a integração da informação registada numa base de dados associada à definição de matriz urbana anteriormente referida. Neste contexto, e particularmente na área de preservação de património, a utilização repetida desta ferramenta no levantamento de edifícios patrimoniais contribui para uma atualização contínua da matriz

urbana e da quantificação do risco urbano numa determinada região obtida através de uma ferramenta como o SIRU.

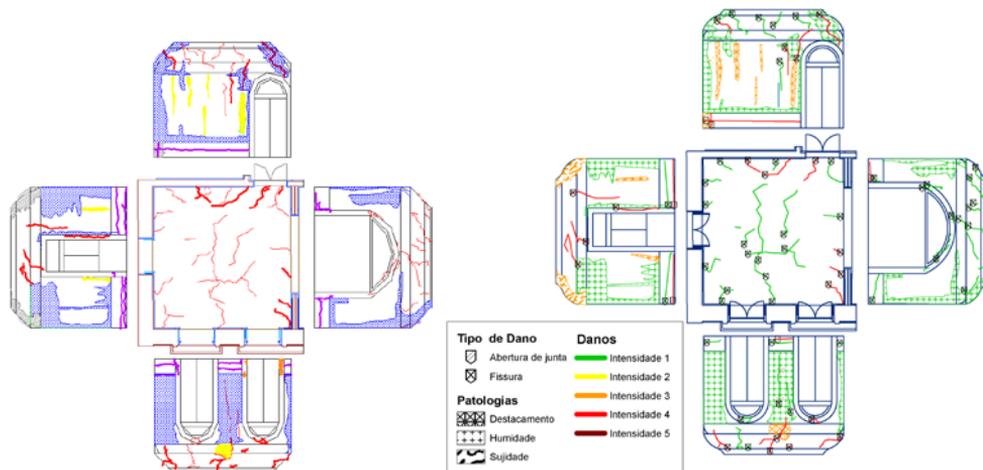


Figura 5: Mapa de danos após levantamento e tratamento dos registos por métodos tradicionais (à esquerda) e após levantamento e tratamento dos registos utilizando o SIMDE (à direita).

## Notas finais

Na área da gestão e da inventariação do edificado, a utilidade das ferramentas SIG é demonstrada pela sua versatilidade em permitir a análise, a manipulação, o armazenamento e o mapeamento dum volume elevado de informação. No contexto da preservação do património, e numa primeira fase em que é fundamental inventariar o estado estrutural dos edifícios, foi desenvolvido um primeiro módulo, designado por SIMDE. Este módulo permite a inventariação e o tratamento de informação na área da inspeção e do levantamento de danos e materiais em edifícios, levando à eliminação do tempo de tratamento da informação registada dado que produz os mapas de danos de forma automática à medida que os danos são introduzidos.

## Referências

- [1] Paupério, E., Romão, X, Costa, A. (2010) Estratégias de gestão de informação para avaliação de risco em edifícios patrimoniais. ARP2010 “Avaliação do Risco em Património: necessidade ou luxo?”, Porto.
- [2] Paupério, E., Romão, X, Costa, A. (2011) Estratégias de Gestão de Informação para Avaliação de Risco em Edifícios Patrimoniais. Pedra & Cal Ano XII, nº 49, 37-39.
- [3] Magalhães, I.R. (2011) Salvaguarda do Património Cultural em Risco: os Organismos Internacionais. Pedra & Cal Ano XII, nº 49, 37-39.
- [4] Costa, A., Guedes, J., Ornelas, C., Dias, T., Paupério, E. Relatório de Inspeção à casa na praça Marquês de Pombal, nº 30 - Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005.