

Inspecção e diagnóstico de estruturas. Contributo para a sua preservação

Esmeralda Paupério

Instituto da Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Aníbal Costa

Universidade de Aveiro

António Arêde, João Guedes

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Tiago Ilharco, Valter Lopes, Filipe Neves

NCREP - Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património

Xavier Romão

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Luís Miranda

Instituto da Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Bruno Silva

Universidade de Pádua, Itália

1 INTRODUÇÃO

O património corrente é aquele onde habitamos e com o qual nos identificamos. É o que faz parte do nosso quotidiano e ao qual fomos dedicando menor atenção. É também o que se está a perder porque, de tão farta a sua existência, não o valorizamos até, de repente, nos percebemos que já quase não existe (Figura 1).



Figura 1: Casas do Porto

Perderam-se os hábitos de cuidar das casas: de abrir janelas nos dias de sol, de pintar ou de caíar na Primavera, de limpar as caleiras, de arranjar os telhados e clarabóias, de lixar e pintar carpintarias de janelas e portas, de repôr betumes e vidros. Vão-se degradando as casas pela entrada de água que agora entra a jorros por falta de reparação de anomalias que começaram por ser pontuais. E perderam-se as estruturas de madeira: primeiro os tabiques e os soalhos e, a seguir, os frontais e os vigamentos. As alvenarias vão resistindo...

Com tudo isto perdeu-se também o saber fazer. E ainda a vontade e o gosto de fazer bem, de cuidar de todo este património como nosso. Habitámo-nos a ver a degradação das cidades e o seu vazio.

Mas ficaram alvenarias e ainda muitas casas que resistiram teimosamente. Ficaram os lotes estreitos tão típicos da cidade do Porto. Ficaram as cérceas desalinhasdas que conferem à cidade uma característica única.

E agora que fazemos quando é tempo de mudar? Quando é tempo de reabilitar e de devolver a vida à cidade?

Vamos alinhar cérceas de casas de uma rua traçando linhas rectas e paralelas num qualquer estirador? Vamos emparcelar casas para permitir viver em cidade numa lógica de perímetro urbano? Vamos destruir os interiores das casas e da sua estrutura original e permitir a difusão do fachadismo?

Numa reabilitação desejada é possível, grande parte das vezes, a manutenção das estruturas existentes: paredes, pavimentos e até das coberturas mesmo quando aparentam degradação. A inspeção e o diagnóstico do estado das estruturas é um contributo fundamental para a avaliação real do estado dos materiais e do seu funcionamento estrutural permitindo a sua manutenção.

A preservação das estruturas existentes, para além de contribuir para a identidade dos imóveis e, conseqüentemente, da cidade, traduz-se, ainda, por ganhos ambientais e económicos. Mesmo considerando que o custo da execução dos reforços necessários à garantia da estabilidade estrutural de uma construção são idênticos aos da execução de uma nova estrutura, a análise económica final será sempre vantajosa para a manutenção da estrutura existente. Senão vejamos: os volumes da demolição, com a produção de entulhos e seu transporte a vazadouro, são consideravelmente menores revelando-se numa economia do ponto de vista ambiental (traduzida numa diminuição global da produção de CO₂) para além de uma economia da obra; o espaço necessário à montagem de estaleiro e eventual ocupação de via pública é bastante menor na reabilitação do que na construção de uma obra nova e, em obras de reabilitação, é quase garantido a dispensa da montagem de uma grua. Nos centros das grandes cidades estes custos são já uma parcela bastante significativa do custo geral da obra acrescentando ainda que, em algumas cidades de nível internacional, é já obrigatório o pagamento de portagens na entrada dos centros antigos.

Em Portugal, um outro grande entrave à reabilitação, tal como o ICOMOS a preconiza e como todos a desejávamos, está também relacionado com a legislação em vigor, vocacionada para a construção nova, cujo cumprimento obriga, quase sempre, a alterações consideráveis no espaço interior, o que conduz por si só à demolição do interior das habitações existentes.

2 INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO ESTRUTURAL

2.1 *Considerações gerais*

O estado de abandono das construções antigas é um assunto que vem motivando crescente preocupação, não só do ponto de vista da segurança estrutural do próprio edifício, mas também da segurança da envolvente e do acréscimo de riscos que o seu estado poderá acarretar para uma determinada área urbana.

Do ponto de vista da avaliação da estabilidade estrutural de uma dada edificação torna-se necessário proceder a uma ou várias inspeções da construção que, frequentemente, ultrapassam a inspeção visual (Figura 2). Esta inspeção visual, que é fundamental na primeira análise, depende muito da experiência e do conhecimento do(s) técnico(s) que a executa(m). Como regra geral, as inspeções conduzidas pelo NCREP - Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património e pelo Instituto da Construção (IC) envolvem sempre

dois ou mais elementos, permitindo este critério uma melhor observação do edifício e uma posterior discussão técnica do observado e registado.

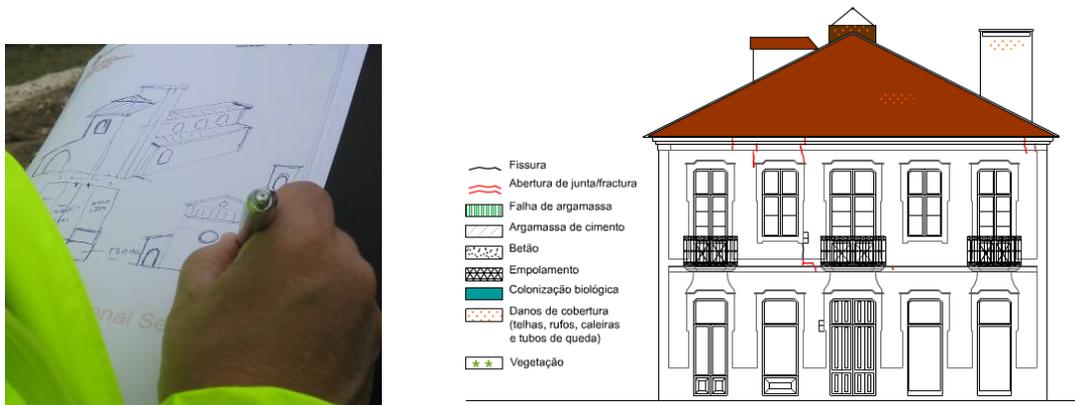


Figura 2: Registo de inspeções

Naturalmente, dependendo do maior ou menor grau de actuação sobre o imóvel, quer de análise para avaliação de segurança, quer de efectiva intervenção de reabilitação e/ou reforço estrutural, assim a inspecção e o diagnóstico deverão cobrir uma maior ou menor gama de aspectos. Independentemente de serem (ou não) todos considerados num dado caso específico, nos parágrafos seguintes são descritos e discutidos os aspectos mais relevantes a ter em conta. Alguns destes aspectos são comuns a todos os tipos de construção, enquanto alguns ensaios são mais específicos de determinados materiais. A súmula que a seguir se descreve pretende elucidar sobre os procedimentos e o tipo de ensaios mais utilizados pelo NCREP/IC, as suas valências e os materiais aos quais se aplicam.

- ✓ *Definição geométrica da construção existente*, recorrendo a elementos já existentes ou baseada (ou complementada) em levantamentos com meios topográficos tradicionais ou com técnicas fotogramétricas. Um estudo geométrico rigoroso permite desde logo detectar eventuais irregularidades, tais como desvios verticais e horizontais relacionados com as avarias estruturais.
- ✓ *Identificação de esquemas de funcionamento estrutural* actuais (e, eventualmente, também do passado).
- ✓ *Definição dos elementos estruturais chave* para o funcionamento da estrutura e *identificação da sua constituição material*.
- ✓ *Identificação de todas as patologias (estruturais em particular)* e elaboração de *registo fotográfico detalhado* e adequadamente *localizado nas peças desenhadas* da construção. Em particular, o levantamento das fendas observáveis na estrutura, a sua distribuição e abertura são elementos importantes para uma avaliação qualitativa primária do equilíbrio e da segurança estrutural, bem como o reconhecimento de possíveis causas de instabilidade. Especial atenção deve ser devotada à eventual presença de água no interior das construções, frequentemente resultante de problemas de infiltrações ou de deficiente drenagem das águas pluviais e que estão na origem de muitas avarias estruturais. Em regra, uma inspecção visual pode já fornecer informações preciosas sobre o estado de conservação e sobre as medidas a adoptar na fase de reabilitação dependendo muito esta análise da experiência e conhecimento do(s) técnico(s) envolvido(s). No caso de pisos em madeira, a observação e registo do estado do seu vigamento é bastante importante, assim como a verificação da existência ou não de tarugos e do seu estado. A zona das entregas das vigas de madeira nas alvenarias é sempre a mais crítica, assim como a deformação destas a meio vão. Em pavimentos de betão armado será conveniente avaliar deformações

em lajes e fissurações em lajes e vigas, bem como identificar e caracterizar estruturalmente o tipo de laje. Edifícios antigos possuem diversas soluções estruturais encontrando-se muitas vezes, entre outras, estruturas em grelha de betão armado com lajes maciças de espessura reduzida e lajes aligeiradas de vigotas cerâmicas armadas do tipo Patial.

- ✓ *Definição de eventuais ensaios a realizar* para caracterização dos materiais e da estrutura, incluindo os elementos das fundações. Os ensaios sobre materiais de diversas partes da estrutura e das fundações, através da recolha de amostras para análise em laboratório ou mediante ensaios não-destrutivos (ou até ligeiramente destrutivos) realizados *in-situ*, destinam-se essencialmente à sua caracterização física e mecânica e, eventualmente, à identificação e calibração de relações constitutivas a usar nos modelos estruturais que porventura se vierem a adoptar. Por seu turno, os ensaios estáticos ou dinâmicos, envolvendo a construção no seu todo ou em partes, são destinados a validar o seu comportamento estrutural, quer em termos das suas prestações em serviço (e.g. ensaios de carga), quer em termos de resultados comparativos para calibração do modelo estrutural.
- ✓ *Identificação e estabelecimento de modelos estruturais adequados*, baseados em premissas coerentes com a observação da estrutura e com os resultados dos ensaios experimentais (caso existam). Neste processo assume particular importância a calibração de tais modelos e o ajuste criterioso dos parâmetros de comportamento (eventualmente sustentado por análises de sensibilidade), por forma a reproduzir o melhor possível a resposta estrutural obtida dos ensaios experimentais. Na definição dos modelos estruturais convém ainda ter em conta o objectivo da modelação, já que tal poderá influenciar a configuração dos modelos. Estes podem ser concebidos com o objectivo de reproduzir e interpretar as avarias estruturais encontradas, ou de prever a resposta estrutural sob condições ainda não experimentadas, ou ainda de simular os efeitos resultantes de intervenções de reabilitação e/ou reforço.

Os aspectos mencionados da prática de inspeção e diagnóstico, não sendo exaustivos, configuram um conjunto de etapas importantes a ter em conta e que, em larga medida, constituem a metodologia adoptada pelos autores e seus colaboradores no âmbito de trabalhos relacionados com edificações (Figura 3).

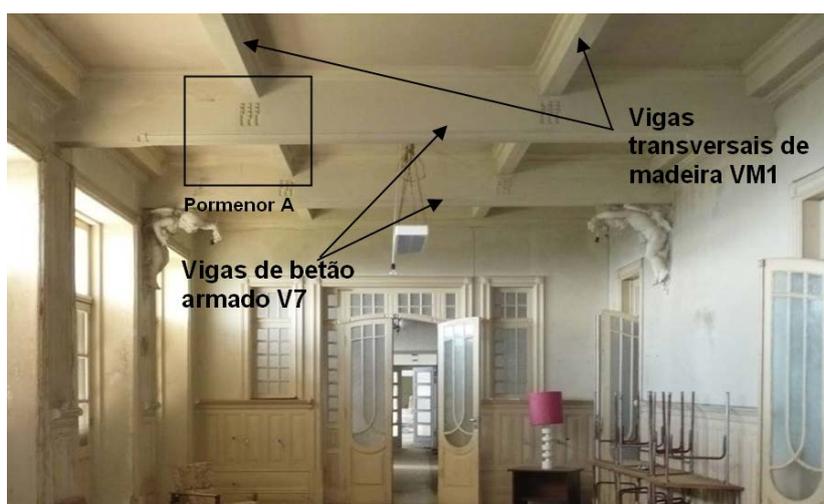


Figura 3: Registo da informação obtida nas inspeções

2.2 Metodologia de abordagem

O NCREP/IC tem estado envolvido no estudo de diversas intervenções de uma forma mais intensa e sistemática ao longo dos últimos anos. Tal actividade tem permitido adquirir experiência e conhecimento na área da reabilitação e reforço de estruturas, da qual resultou uma sistematização de procedimentos para a realização de inspecção e diagnóstico estrutural. Embora em constante adaptação e aperfeiçoamento, e certamente com dificuldades que ainda não foi possível suprir, a metodologia adoptada tem permitido sustentar e apoiar devidamente as soluções de intervenção desenvolvidas em diversas obras. É neste contexto, e focando apenas o ponto de vista eminentemente estrutural, que se descreve, nos parágrafos seguintes, a sequência de procedimentos a adoptar num caso concreto de intervenção.

Numa primeira fase, são fundamentais visitas ao local para um reconhecimento do estado do objecto de intervenção e da sua envolvente com o levantamento geométrico, caracterização material e levantamento da estrutura existente.

Seguidamente, procede-se à compilação de toda a informação relativa aos danos observados, assim como aos materiais e ao seu estado geral, num documento que constituirá o Relatório de Inspeção. Na maioria dos casos, esta informação encontra-se sistematizada em Mapas de Danos onde, para além do registo dos danos observados, se apresentam possíveis causas e medidas de prevenção e de reparação a adoptar. Um exemplo de tal sistematização da informação é apresentado no capítulo seguinte no contexto do caso prático descrito neste trabalho e que corresponde à inspecção de um Edifício no Largo dos Lóios, no Porto.

Na sequência das primeiras etapas de inspecção, e com os elementos disponíveis, estudam-se os meios de prevenção ou de reparação dos danos. Por vezes, esta fase pode ter que ser acompanhada pela colocação de equipamento de controlo que permita aferir as condições actuais da estrutura, dependendo dos danos se apresentarem estáveis ou se pelo contrário se apresentarem activos e progredindo no tempo. Exemplos típicos desta situação reportam-se à necessidade de controlo de aberturas de fissuras ou de deslocamentos através da colocação de instrumentos de medida adequados. Tais medidas assumem particular importância dado que uma solução de reforço estrutural, para ser efectiva, deverá ter em conta o estado de actividade do dano: um dano activo exige antes de mais um estudo sobre a sua ocorrência e o modo de interromper a sua progressão, estabilizando-o. Em caso extremo, poderá mesmo ser necessário a realização de ensaios *in situ* e ou em laboratório sobre amostras de material que permitam aferir o real estado dos elementos estruturais.

Nesta fase, e sempre que se julgue necessário, as soluções de reparação/reforço estrutural poderão ser testadas e analisadas mediante ensaios em laboratório e/ou simulações numéricas em computador antes de serem implementadas.

2.3 Meios auxiliares de diagnóstico estrutural

Tal como já foi referido, o diagnóstico estrutural pode implicar o recurso a ensaios experimentais sobre a estrutura em causa ou sobre os seus materiais de modo permitir quantificar, geralmente em termos de estimativas médias, as características físicas e mecânicas mais importantes para a aferição do comportamento estrutural. Assim, nos parágrafos seguintes, apresenta-se um resumo de alguns dos principais meios auxiliares de diagnóstico onde se incluem técnicas de ensaio e de monitorização.

As técnicas de ensaio em estruturas existentes são geralmente classificadas em destrutivas, ligeiramente destrutivas e não-destrutivas. Por motivos óbvios, as técnicas de ensaios destrutivos não devem ser utilizadas nas construções a recuperar.

2.3.1 Técnicas de ensaio não-destrutivos

Este tipo de ensaios não requer acções directas invasivas na estrutura e os resultados obtidos, sendo geralmente do tipo qualitativo (com excepção dos resultados obtidos de ensaios de identificação dinâmica), fornecem uma avaliação preliminar das características mecânicas dos materiais, nomeadamente através da definição de índices de qualidade dos mesmos. No entanto, são ensaios importantes que, segundo [4], podem ser usados para: (i) detecção de elementos estruturais ocultos tais como pilares, estruturas de pisos intermédios, etc., (ii) qualificação dos materiais e caracterização das zonas de heterogeneidade dos mesmos, (iii) avaliação da extensão dos danos mecânicos em estruturas fissuradas, (iv) detecção de vazios e cavidades, (v) avaliação do teor de humidade e da altura de ascensão capilar, (vi) detecção de degradação superficial e (vii) avaliação de algumas propriedades físicas e mecânicas dos materiais.

Ensaio sónico

Esta técnica de ensaio (Figura 4) é baseada na geração de um impulso sonoro ou de um impulso ultra-sónico num ponto da estrutura, sendo o sinal captado por um receptor que pode estar posicionado em vários locais. O princípio consiste em medir o tempo que os impulsos levam a percorrer um dado material ao longo de distâncias conhecidas desde o gerador ao receptor (permitindo portanto calcular a velocidade de propagação das ondas) e em analisar o sinal obtido no receptor.



Figura 4: Ensaio sónico em alvenarias

Deste tipo de ensaio é possível, em geral, obter a seguinte informação:

i) Estimativa do módulo de elasticidade e da resistência à compressão, a partir de correlações, quer mecânicas, quer empíricas, com a velocidade de propagação das ondas sónicas; ii) Caracterização da homogeneidade das características dos materiais constituintes; iii) Identificação da presença de fendas no material contínuo e iv) Identificação da presença e efeitos de anteriores reforços (e.g. de argamassa).

Tomografia sónica

Esta técnica de ensaio baseia-se na anterior mas, sendo mais elaborada no processamento e análise dos resultados da propagação das ondas sónicas, fornece um mapa detalhado da distribuição da velocidade do som numa determinada secção plana da estrutura. Este ensaio é bastante usado em estruturas de betão mas, mais recentemente, vem sendo progressivamente usado na análise de estruturas antigas de grande valor histórico, como por exemplo na Basílica de S. Marcos em Veneza. Um notável aperfeiçoamento pode ser obtido na qualidade e confiança dos resultados deste ensaio registando e analisando também as características de

amplitude e frequência do sinal transmitido, usando um processo conhecido por *tomografia por atenuação*.

Note-se, porém, que as sofisticadas técnicas de processamento e análise subjacentes a este ensaio restringem a sua realização apenas por parte de instituições com relevante capacidade de especialização técnica o que, naturalmente, pode implicar custos mais elevados na sua utilização.

Ensaio de identificação dinâmica

Os ensaios de identificação dinâmica *in situ* constituem um tipo ensaio não-destrutivo bastante fiável, de grande utilidade e com crescente utilização para a verificação do comportamento estrutural e da integridade da construção, assim como para a calibração de parâmetros de comportamento global (Figura 5).

A ideia básica do método consiste na medição das frequências próprias de vibração da estrutura e, eventualmente, no seu acompanhamento ao longo do tempo. Dado que tais frequências dependem directamente da rigidez da estrutura (uma diminuição de rigidez conduz a uma redução da frequência) e inversamente da massa envolvida (um aumento de massa corresponde também a uma diminuição da frequência), facilmente se compreende que, mantendo-se a massa inalterada, então o controlo da frequência corresponde a fazer um controlo indirecto da rigidez.

Para estruturas simples, com homogeneidade material, poucos graus de liberdade e em que a origem da rigidez estrutural é perfeitamente conhecida, a aplicação deste método é directa, simples e eficaz. No caso de estruturas complexas, como é em geral o caso das construções antigas, o esquema estrutural não é tão facilmente identificável (tornando-se susceptível de gerar incertezas no modelo estrutural adoptado), os materiais constituintes não apresentam, na maioria dos casos, características de homogeneidade por toda a estrutura e as condições de fronteira nem sempre são bem conhecidas. O modelo estrutural deve então ser baseado num conjunto de hipóteses e de valores para os parâmetros de comportamento (e.g. módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, massa volúmica, ângulo de atrito, coesão, etc.) que vão sendo calibrados de forma criteriosa, de modo a procurar ajustar as frequências de vibração calculadas através do modelo numérico com as frequências medidas *in situ*.

Dois tipos de procedimentos são em geral utilizados para a realização deste tipo de ensaios:

i) Medições de vibração ambiental. A excitação dinâmica imposta à estrutura é a que deriva de factores ambientais, tais como o vento e o tráfego urbano, e que na prática constitui uma solicitação habitual. É então registada a resposta dinâmica da estrutura através da medição de acelerações com sensores apropriados e colocados em posições criteriosamente definidas. Os sinais obtidos são numericamente tratados e analisados em termos de amplitude e conteúdo de frequência, com recurso a técnicas de análise espectral, sendo então possível determinar as características dinâmicas da estrutura: as suas frequências e modos fundamentais de vibração e o amortecimento estrutural.

ii) Medições de vibração forçada. Neste caso a estrutura é sujeita a vibrações forçadas de baixa intensidade, de modo que os níveis de vibração produzidos não afectem a integridade da estrutura, e de novo a resposta é registada tal como para os ensaios de vibração ambiental. A excitação forçada pode ser induzida por vibradores mecânicos ou por explosivos de baixa potência. O tratamento de resultados segue os mesmos métodos que no caso anterior.

Apesar de conceptualmente simples, os ensaios dinâmicos envolvem a utilização de equipamentos sensíveis e de custo elevado e um tratamento de resultados baseado em manipulações matemáticas e algoritmos com alguma complexidade. Ainda assim, podem ser considerados ensaios correntes e têm sido progressivamente mais utilizados na avaliação do comportamento estrutural. A crescente disponibilização de programas de análise de resultados

de vibração de estruturas possibilita o acesso mais generalizado a esta técnica de ensaio, tradicionalmente reservada (como de facto o é ainda em certa medida) a um número muito restrito de instituições especializadas (universidades e laboratórios específicos).



Figura 5: Ensaios de identificação dinâmica

Esclerómetro de Schmidt

Ensaio *in situ* que permite aferir a qualidade do betão (Figura 6). Apesar de estar vocacionado o seu uso para betões recentes, o uso de um factor de compensação aos resultados obtidos em elementos estruturais cujo betão tem já alguma idade permite obter um valor qualitativo da qualidade do betão utilizado em obra. Para serem considerados fiáveis em avaliações da qualidade do betão utilizado em obra e do qual não se conhece a qualidade do betão prevista no projecto, necessitam de uma calibração com base em resultados obtidos de ensaios laboratoriais de compressão em carotes.



Figura 6: Determinação da classe do betão com recurso ao esclerómetro

Indicador químico de fenolftaleína

Este indicador permite verificar *in situ* a profundidade de carbonatação do betão após o contacto desta solução com o betão recentemente exposto. Se um betão se encontrar não carbonatado, o seu contacto com esta solução produz uma coloração de tom rosa (Figura 7). No caso do betão estar já carbonatado, este contacto entre o betão e a solução de fenolftaleína não produzirá nenhum tipo de coloração. Este ensaio é importante porque permite, de forma indicativa, definir as zonas ou os elementos estruturais onde as armaduras poderão estar já despassivadas.

Na hipótese de se estarem a extrair carotes de betão, a profundidade de carbonatação poderá ser medida na própria carote após o borrifo ou o mergulho nesta solução. No caso de não existir extração de carotes, deverá ser feito um furo no betão que permita o borrifo da solução de fenolftaleína no seu interior e posterior medição da zona de coloração rosa.



Figura 7: Medição da profundidade de carbonatação

Pacómetro

Ensaio *in situ* para betão armado que permite detectar e identificar as armaduras de elementos de betão armado (Figura 8). Através deste ensaio pode-se determinar o número de varões de um determinado elemento estrutural, os seus diâmetros e a espessura de recobrimento. Dado que este equipamento funciona por indução magnética, é por vezes afectado pela existência de elementos metálicos na proximidade ou pela sobreposição de varões e apenas determina o recobrimento até determinadas espessuras. Este ensaio é utilizado na validação do projecto de estruturas construídas ou, na sua ausência, na determinação das características estruturais de elementos de betão armado. É ainda utilizado previamente à extração das carotes de betão pois, ao permitir identificar o posicionamento das armaduras e estribos permite definir convenientemente o local de extração das carotes, reduzindo o risco de corte de armaduras.



Figura 8: Identificação de armaduras em lajes com recurso ao pacómetro

Registograph

O Registograph é um instrumento que relaciona a energia dispendida pela penetração de uma agulha a velocidade constante com a resistência da madeira à perfuração, e que permite obter uma avaliação das zonas dos elementos de madeira que apresentam degradações, podridões ou vazios internos (Figura 9). Através das suas leituras é possível concluir acerca de determinadas características mecânicas e físicas da madeira, avaliar o estado de conservação dos elementos estruturais e definir secções residuais úteis. As suas perfurações são quase imperceptíveis e não têm qualquer influência na resistência mecânica das peças, o que faz com que seja um dos instrumentos mais utilizados na inspecção de estruturas de madeira.

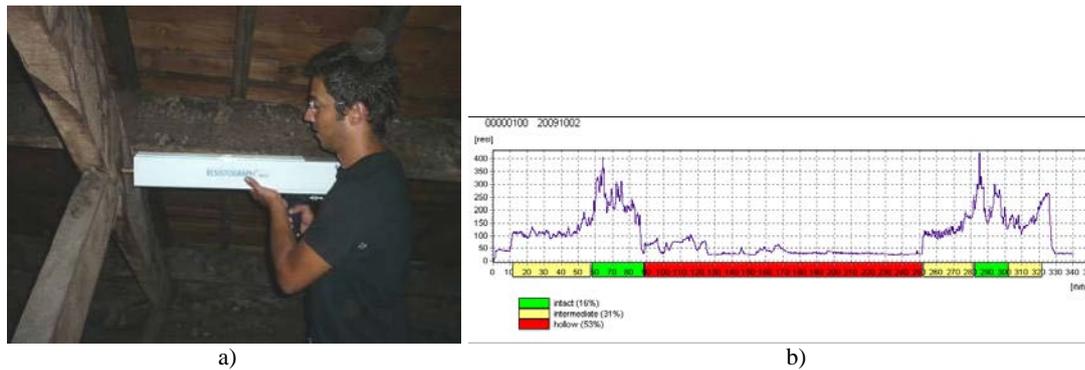


Figura 9: Ensaio com Registograph em asnas de cobertura a) realização do ensaio b) registo obtido

Medição do teor de humidade em madeiras

O higrómetro permite obter o valor do teor em água da madeira, contribuindo assim para a percepção do potencial de ataques de agentes bióticos. Um teor em água elevado será revelador de uma deficiência na impermeabilização de fachadas ou coberturas. Desta forma, através de leituras periódicas com o higrómetro, é possível actuar de forma a eliminar entradas de água.

2.3.2 Técnicas de ensaio ligeiramente destrutivas

As técnicas de ensaio não-destrutivas acima descritas não permitem em geral quantificar parâmetros que caracterizem o comportamento específico dos vários materiais constituintes numa estrutura. Apesar de fornecerem uma visão qualitativa da constituição da estrutura (o caso dos ensaios de tomografia sónica e de radar), ou uma quantificação da rigidez global (o caso dos ensaios dinâmicos) e mesmo algumas estimativas locais (com recurso aos ensaios sónicos ou ultra-sónicos apoiados em correlações empíricas), a informação mais detalhada sobre as características dos materiais deve, tanto quanto possível, ser apoiada em ensaios específicos que introduzem pequenas perturbações na estrutura. Naturalmente que tais intervenções devem ser tão pequenas quanto possível, sendo importante que, no final dos ensaios, não existam danos na estrutura.

Extração de carotes

A extração de carotes de pontos mais representativos da estrutura permite, por um lado a realização de ensaios laboratoriais sobre amostras dos materiais constituintes da estrutura e, por outro lado, a observação directa do interior do furo resultante da operação de carotagem (Figura 10).

No caso das estruturas antigas de alvenaria, com particular destaque para as de pedra que são mais correntes no nosso País, esta operação, quando possível, revela-se de grande importância. De facto, nas construções antigas é muito corrente encontrarem-se paredes de folha dupla, constituídas por dois panos de parede paralelos, um exterior e outro interior, entre os quais existe um enchimento com grande variedade de materiais inertes (saibro, pedras soltas, terra, pedaços de tijolo e telhas, etc.) constituindo um material de considerável heterogeneidade.

Mediante ensaios laboratoriais sobre as amostras recolhidas, é possível obter características mecânicas, físicas e químicas dos materiais. Particularmente nas estruturas de betão, os ensaios de compressão sobre as carotes permitem determinar a qualidade do betão utilizado em obra.

As carotes devem ser obtidas com uma máquina de corte rotativa dotada de coroas com dentes de diamante e a sua extracção deve ser feita de modo a introduzir a menor perturbação

possível nas amostras. Antes de serem obturados com materiais compatíveis e que não alterem a capacidade global da estrutura, os furos poderão ser usados para operações adicionais que ajudarão a averiguar a constituição de paredes de alvenaria e a definir as propriedades mecânicas dos materiais. Tal é o caso de inspecções com câmaras de vídeo, de ensaios sónicos e de testes com dilatómetro que adiante serão descritos. Dos ensaios sónicos podem ser obtidos os resultados já referidos, enquanto que dos ensaios com dilatómetro é possível estimar as características de deformabilidade no interior da parede atravessada pelo furo.

Naturalmente, as técnicas de carotagem não se restringem às paredes e aos pilares e vigas de betão armado, sendo também importantes e muito úteis para avaliar as características das fundações, nomeadamente as de pedra. Como nota, refere-se que na retirada de carotes de estruturas de betão armado são requeridos cuidados adicionais para que não ocorra o corte de armaduras.

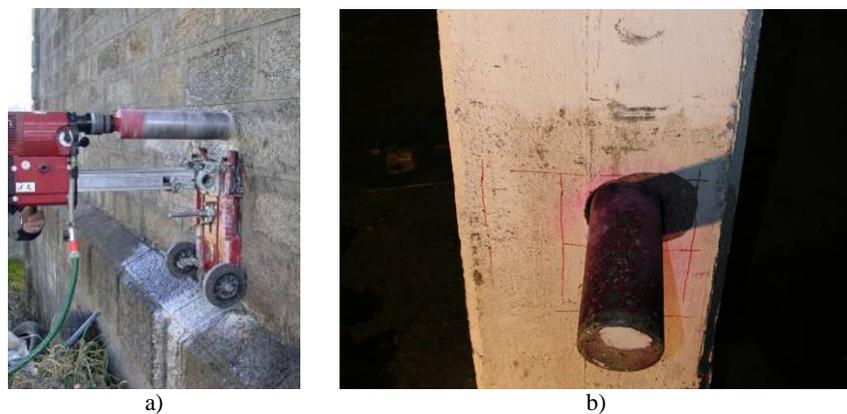


Figura 10: Extracção de carotes em: a) granito b) betão armado com a marcação do posicionamento das armaduras

Ensaios pull-out

Medição *in situ* da resistência ao arranque (pull-out test) (Figura 11). Este ensaio permite relacionar a força necessária para o arranque de um dispositivo inserido no betão com a resistência à tracção. O valor da resistência à compressão do betão pode ser posteriormente aferido através das relações empíricas que relacionam a resistência à compressão com a resistência à tracção.



Figura 11: a) Medição *in situ* da resistência ao arranque b) pormenor da fotografia anterior

Ensaio com macacos-planos (Flat-jack)

Esta técnica de ensaio *in situ* permite avaliar algumas características mecânicas importantes das alvenarias existentes. A técnica usada neste ensaio é muito pouco destrutiva já que se

baseia na introdução de um macaco-plano de reduzida espessura na direcção perpendicular ao plano da parede em estudo.

Seguindo diferentes variantes do ensaio, é possível proceder à avaliação do estado de tensão existente *in situ*, ou estimar as características de deformabilidade e resistência da alvenaria à compressão, ou ainda determinar a resistência ao corte das camadas de argamassa ou de juntas entre blocos (cerâmicos ou de pedra).

Tratando-se de paredes de alvenaria de tijolo, o macaco-plano é instalado numa junta de argamassa horizontal onde se abre previamente um rasgo com recurso a uma máquina perfuradora manual ou a uma serra de disco com dentes diamantados. O macaco-plano pode apresentar secção rectangular ou semi-circular, com dimensões variáveis, consoante as características da parede em causa.

Esta tecnologia é assim aplicada ao estado das condições *in-situ* das alvenarias resistentes, permitindo a determinação do estado de tensão instalado na secção de uma parede e avaliar as curvas de comportamento cíclico do material: tensão versus deformação axial

Dilatómetro

A utilização da técnica do dilatómetro é, na sua essência, idêntica à dos macacos-planos embora recorrendo a equipamento diferente e destinando-se a obter apenas as características de deformabilidade da alvenaria.

Em termos gerais, o ensaio consiste na aplicação de pressões hidrostáticas às paredes de um furo cilíndrico (previamente aberto na parede) por meio de água bombada para o interior de uma sonda dotada de um corpo rígido cilíndrico envolvido por uma membrana de borracha. Além da pressão aplicada, são medidas as deformações diametrais daí decorrentes, segundo quatro direcções desfasadas de 45° entre si e perpendiculares ao eixo do furo, a partir das quais é possível calcular o módulo de elasticidade do material.

Em função da relação entre as dimensões do dilatómetro e a espessura da parede em análise, esta tecnologia permite avaliar tais características a diferentes profundidades do elemento estrutural. Esta tecnologia é particularmente indicada no caso de paredes de folha dupla onde a utilização de macacos-planos apenas permite caracterizar os panos exteriores da alvenaria. Naturalmente, a combinação de ambas as técnicas pode fornecer uma quantificação detalhada do módulo de elasticidade em toda uma secção transversal da parede e, em particular, poderá permitir determinar a razão entre a deformabilidade da alvenaria interna e a das camadas externas.

2.3.3 Monitorização

O controlo do comportamento estrutural através da colocação de instrumentos de medida apropriados constitui um meio muito valioso e fidedigno de apoio à avaliação do real estado dum estrutura existente. A observação e o acompanhamento da evolução temporal de patologias numa construção contribuem para clarificar os fenómenos que lhes deram origem, e assim melhor definir as estratégias e técnicas para as mitigar ou mesmo eliminar.

A monitorização consiste, em geral, no registo de parâmetros tais como deformações, movimentos de juntas ou aberturas de fendas (Figura 12 a) e b)), nivelamento, verticalidade (Figura 12 c)), variações de temperatura, tensões, assentamentos das fundações, variações do nível freático, etc.

O tipo de monitorização mais corrente é sem dúvida o controle da abertura de fendas ou de juntas entre pedras. Existem várias técnicas, desde a mais clássica que assenta na colocação de testemunhos em gesso, até às mais sofisticadas que requerem o uso de transdutores eléctricos ligados a um sistema de aquisição e registo do sinal. A técnica dos testemunhos, sendo a mais simples e popular, apresenta porém a desvantagem de não permitir quantificar a

evolução no tempo da abertura da fenda ou da junta. A fim de obviar este inconveniente, é possível usar fissurómetros com escala de medida (constituídos por duas placas de vidro acrílio transparente, deslizantes uma sobre a outra e dotadas de uma escala reticulada cotada em milímetros) ou então deflectómetro mecânicos móveis posicionados em duas pequenas placas metálicas fixas em cada um dos lados da fenda.

O controle de deformações de elementos estruturais pode ser feito com recurso à instalação de transdutores. Para utilização corrente e pouco dispendiosa, os transdutores mecânicos são os mais adequados, encontrando-se já correntemente este tipo de instrumentos com leitura digital. Para registos contínuos e mais precisos, podem ser adoptados os transdutores eléctricos de deslocamentos, correntemente designados por LVDT (Linear Voltage Differential Transducer), os transdutores de fio que, ligando dois pontos de medida relativamente afastados (até alguns metros), permitem determinar o seu deslocamento relativo através da variação de comprimento do fio medida em potenciómetros eléctricos, ou ainda os transdutores baseados em variação de pressão de um líquido num sistema de vasos comunicantes. Por sua vez, o controle de rotações ou de verticalidade pode ser feito com recurso clinómetros uni- ou bi-direccionais. A associação destes equipamentos a sensores de temperatura é fundamental para melhor permitir a interpretação dos resultados.

A medição de forças ou tensões *in situ* é um processo menos corrente e mais dispendioso. Pode-se recorrer aos já referidos macacos-planos ou então a células de carga (construídas com base em extensómetros eléctricos) que fornecem informação localizada da variação de tensão normal na zona onde se encontram instaladas. As células de carga são equipamentos dispendiosos e necessitam de estar ligadas a um sistema de aquisição de dados.

A monitorização topográfica permite também avaliar, de forma global ou pontual, movimentos que ocorrem na estrutura ou num determinado elemento estrutural.

Na monitorização de taludes ou maciços de fundação, onde é fundamental saber o seu comportamento para entendimento do comportamento das estruturas que nestes estão fundadas, são usualmente utilizados inclinómetros que permitem obter o registo de movimentos do talude ou maciço relativamente à zona de ancoragem ou amarração em solo firme.

Independentemente do tipo de equipamento mais adequado para uma dada campanha de medições, é importante definir cuidadosamente um plano de monitorização racional capaz de abranger as patologias encontradas na construção e compatível com a sua situação actual. Esse plano deve estabelecer os locais de medição, o que se pretende medir e uma forma adequada para o fazer, procurando obter complementaridade e mesmo alguma redundância de medições que possibilite comparar resultados obtidos por diferentes meios ou colmatar falhas de medidas que sempre ocorrem. Neste contexto, importa acrescentar que medições excessivas ou inapropriadas não contribuem necessariamente para a melhoria do estudo e avaliação do estado da estrutura, já que aumentam os custos e o tempo de análise.

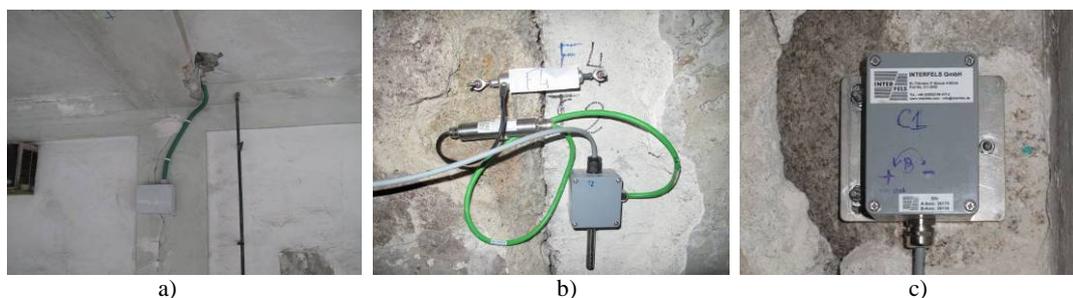


Figura 12: Monitorização de aberturas de fendas e inclinações

2.4 A utilização de tecnologias de informação na inspeção e diagnóstico estrutural

Como anteriormente referido, a inventariação e a gestão da informação relativa ao edificado têm uma importância inquestionável na definição de estratégias sustentáveis para a gestão dos centros urbanos. Neste contexto, o crescente desenvolvimento de tecnologias associadas aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem vindo a assumir um papel cada vez mais importante no domínio do armazenamento, referenciação e gestão de dados, nomeadamente em áreas ou actividades com uma forte componente de análise espacial/geográfica. A utilidade das ferramentas baseadas em SIG, no contexto da gestão e da 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 contexto, o NCREP/IC tem estado a desenvolver ferramentas baseadas em SIG que envolvem diferentes tipos de inventariação e de gestão da informação relativa ao património edificado. A título de exemplo, refere-se uma aplicação prática duma dessas ferramentas que se encontra actualmente em fase de teste. Esta ferramenta, designada por SIMDE (Sistema de Inventariação de Materiais e Danos em Edifícios), foi desenvolvida de modo a permitir o registo detalhado de informação associada ao tipo de materiais e aos danos existentes em construções, tendo em consideração objectivos relacionados com a aplicabilidade prática deste tipo de ferramenta bem como objectivos de orientação mais estratégica relacionados com a preservação e a conservação das construções.

De modo a exemplificar a compilação dos dados recolhidos numa inspeção, a Figura 1a) apresenta um mapa dos danos registados numa divisão de um edifício. Além das vantagens técnicas deste tipo de representação, estes mapas são eficientes na ajuda visual que fornecem na tomada de decisões. Assim, o SIMDE foi desenvolvido de modo a produzir, de forma automatizada, mapas de materiais e de mapas de danos de simples leitura, semelhantes ao exemplo da Figura 13 a). Desta forma, o tempo de processamento da informação recolhida durante a inspeção e o levantamento duma construção é consideravelmente reduzido. Adicionalmente, o SIMDE permite ainda gerir registos e levantamentos realizados em datas diferentes numa mesma construção. Esta opção permite monitorizar as condições duma determinada construção através da sobreposição de diferentes camadas dos registos de danos. Por outro lado, dado que mapas semelhantes aos da Figura 13 a) funcionam adequadamente do ponto de vista visual, o SIMDE foi desenvolvido de modo a permitir que o utilizador possa definir mapas cujas características são adaptadas às suas necessidades. A Figura 13 b) apresenta o mapa de danos da Figura 13 a) reproduzido pelo SIMDE e utilizando uma simbologia especificamente definida para este tipo de representação em mapa.

Apesar de poderem ser observadas diversas vantagens acerca da utilização duma ferramenta do tipo do SIMDE, chama-se a atenção para dois aspectos particulares. Um primeiro está relacionado com a redução em praticamente 100% do tempo em gabinete para o processamento da informação resultante da inspeção e do levantamento, dado que a produção de mapas semelhantes ao da Figura 13 b) é feita de forma automática pelo SIMDE. Um segundo aspecto está relacionado com o facto de que a possibilidade de obter informação detalhada acerca das construções, incluindo acerca da sua evolução temporal, num formato gráfico adequado permite que a tomada de decisões acerca da necessidade de intervir numa construção possa ser efectuada de forma mais clara e simples.

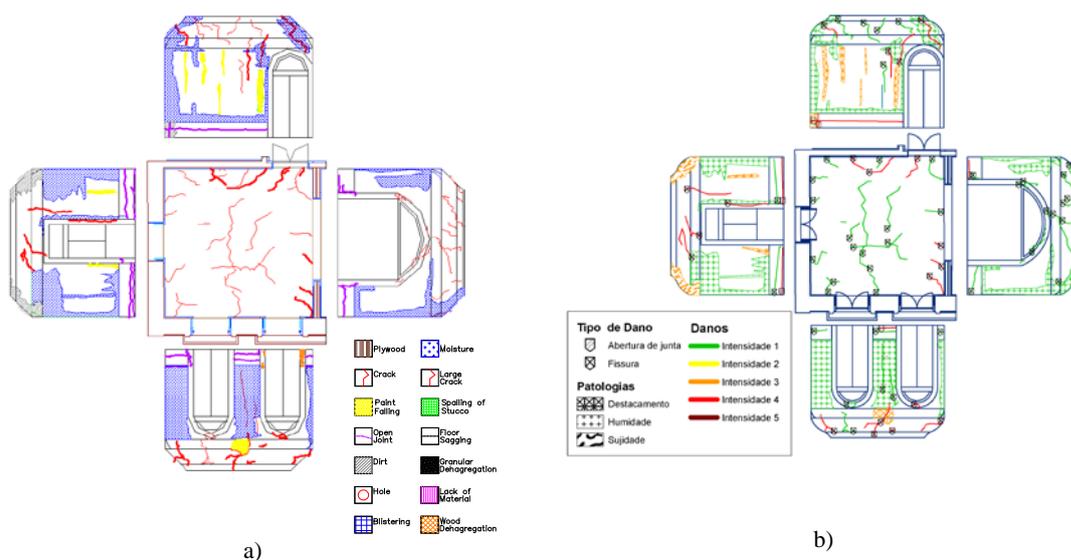


Figura 13: Mapa de danos registados numa divisão dum edifício a) Registo manual após inspeção b) Reproduzido com o SIMDE durante a inspeção

2.5 Caso prático: Edifício do Largo dos Lóios: Análise de pavimentos de madeira de um edifício antigo da cidade do Porto

O edifício estudado, construído no séc. XIX e situado na rua dos Lóios, no Porto, é um exemplo do tipo de edifícios antigos que pode ser encontrado nesta cidade, o qual é geralmente caracterizado por ser alto, estreito e profundo, apresentando, na maioria dos casos, 3 a 4 pisos. Apesar de exibir uma planta em forma de L, menos comum do que a habitual planta rectangular (Figura 14), este edifício exibe uma organização de espaços muito simples, possuindo dois volumes e uma caixa de escadas na zona central. Nos alçados apresentados na Figura 15, observa-se que o edifício possui R/C, 3 pisos e um andar recuado iluminado por uma trapeira. Supõe-se que a função original deste edifício terá sido habitação, passando posteriormente a receber comércio e escritórios no R/C e nos 2 primeiros pisos, e habitação no 3º piso e no piso recuado. À semelhança de outros edifícios da cidade do Porto, também este edifício apresenta alguma homogeneidade no que diz respeito aos seus elementos construtivos. As paredes exteriores são constituídas por alvenaria de granito (Figura 16 a)) e por parede em taipa de rodízio (“gaiola” de madeira preenchida com alvenaria de tijolo maciço e argamassa de saibro e cal) (Figura 16 b)), as paredes interiores são executadas em tabique (tábuas costaneiras verticais com fasquiado horizontal e argamassa de saibro e cal) (Figura 16 c)) enquanto os pavimentos (Figura 17 a) e Figura 17 b)), as escadas (Figura 17 c)) e a cobertura são realizados em estrutura de madeira. Apesar da generalidade das vigas possuir uma secção transversal rectangular, encontraram-se ainda algumas vigas de secção circular, situação usual em edifícios mais antigos. Este facto pode indiciar que o edifício terá sido alvo de uma intervenção em meados do séc. XX, na qual terão sido substituídas algumas das vigas de secção circular pelas de secção rectangular que agora se observam.

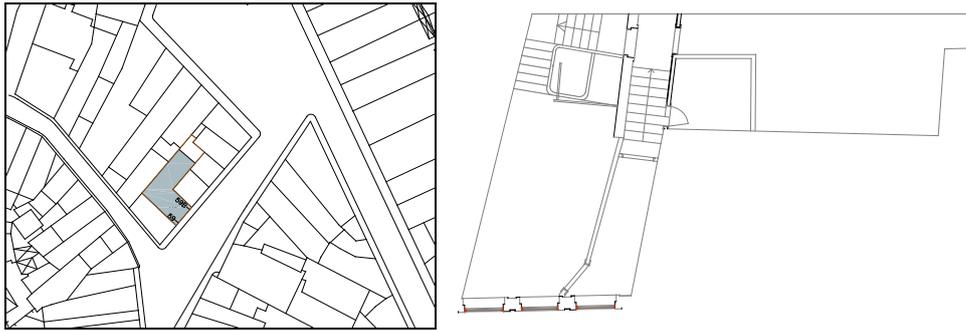


Figura 14: Planta de implantação do edifício e planta do R/C



Figura 15: Alçado principal e Alçado lateral direito (desenhos de Arq. Adriana Floret)

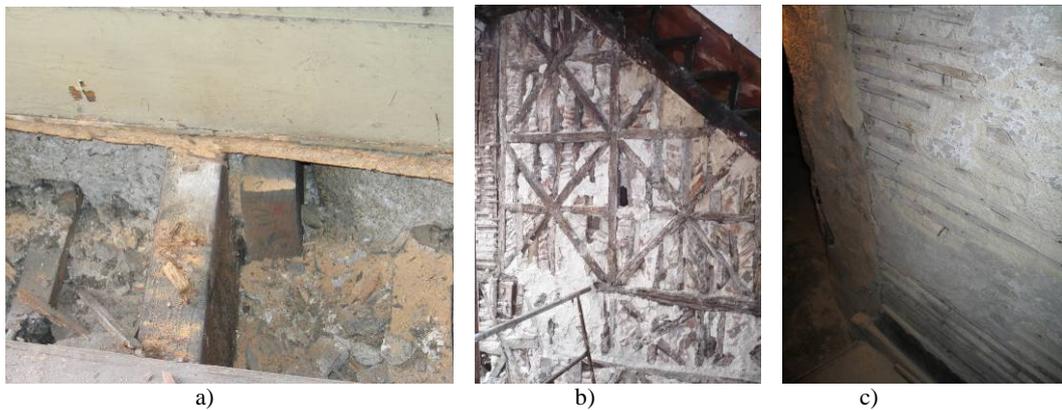


Figura 16: Paredes do edifício: a) empena em alvenaria de granito; b) parede interior em taipa de rodízio; c) parede interior em tabique



Figura 17: Pavimentos e escada em madeira

2.5.1 A opção entre a Manutenção e a Substituição dos pisos de madeira

No âmbito do projecto de requalificação do edifício, foi pedida uma avaliação do estado e do comportamento estrutural dos pisos de madeira existentes, cujo principal objectivo foi o de avaliar a possibilidade de os manter, integrando-os no projecto de arquitectura em elaboração. Assim, a avaliação efectuada envolveu a análise e a classificação do estado de conservação e do comportamento estrutural das vigas de madeira dos pisos e dos contraventamentos, com o objectivo de analisar se as suas características permitiam garantir, com condições satisfatórias de conforto e de segurança, a sua futura utilização no âmbito de um edifício de habitação.

Atendendo a que o nível de intervenção a efectuar na estrutura de madeira dos pisos teria por base a informação resultante desta avaliação, a forma do seu registo, bem como a apresentação clara dos resultados da inspecção, foram aspectos cuja importância foi tida em especial atenção.

Adicionalmente, importa referir que a própria concepção do projecto de requalificação teve já em consideração a conveniência de manter uma estrutura de pisos com peso próprio semelhante ao existente, de forma a evitar a necessidade de proceder ao reforço das paredes resistentes e das suas fundações. Simultaneamente, é importante salientar que, com os trabalhos de inspecção e de diagnóstico realizados, foi possível avaliar com rigor suficiente o estado estrutural dos pisos de madeira, o que, face aos resultados obtidos, permitiu optar pela sua manutenção.

2.5.2 Inspeção dos elementos estruturais de madeira dos pisos

De modo a possibilitar a inspecção directa das vigas de madeira dos pisos, nomeadamente das zonas das entregas das vigas, foi removido o soalho no perímetro de cada compartimento. Esta acção foi facilitada pelo facto dos soalhos apresentarem ataques intensos de caruncho (Figura 18).

A análise do comportamento dos pisos de madeira envolveu o levantamento do seu esquema estrutural, nomeadamente da geometria das vigas e contraventamentos, e contemplou a determinação do estado de conservação destes elementos. Estas acções de levantamento e inspecção envolveram a utilização de instrumentos simples, como o higrómetro, que permitiu medir o teor em água dos elementos de madeira, o formão e o martelo (Figura 19). Através deste último foi avaliado o som produzido pelo seu impacto nas vigas de madeira, estimando-se, por comparação com o som obtido em elementos sãos, o estado de conservação dos elementos estruturais analisados.



Figura 18: Remoção do soalho no perímetro dos compartimentos para visualização das entregas das vigas



Figura 19: Inspeção efectuada nos pavimentos de madeira, através da utilização de martelo e formão

Uma vez que a avaliação estrutural pretendia concluir acerca da possibilidade de manter os pisos de madeira, considerou-se fundamental comprovar o estado de conservação da totalidade das vigas, identificando as que eventualmente precisassem de reforço/substituição. Dado que o edifício é estreito, cada compartimento possui apenas um tramo de vigas que apoiam em paredes resistentes laterais exteriores, funcionando, em termos estruturais, como vigas simplesmente apoiadas. Conforme já referido, o facto da informação recolhida nas inspeções vir a ser consultada pelos vários intervenientes do processo, nomeadamente o dono de obra, o projectista e o empreiteiro, fez com que se tivesse especial preocupação em apresentá-la e organizá-la de forma clara.

Assim, foi adoptada a seguinte estratégia:

- Numeração dos vários compartimentos, indexando-os ao respectivo piso;
- Identificação por A e B dos alinhamentos das paredes resistentes de cada compartimento onde apoiam os vigamentos de madeira;
- Numeração, em cada compartimento, das vigas de V1 a Vn e dos frechais de F1 a Fn, identificando outros elementos estruturais considerados relevantes quando necessário;
- Inspeção, medição, registo e fotografia de cada elemento estrutural, atribuindo-lhe uma classificação correspondente ao seu estado estrutural (Bom, Razoável e Mau) associando, posteriormente, uma cor a cada classificação;
- Compilação da informação dos elementos estruturais de cada compartimento em tabelas onde se registam os aspectos considerados mais relevantes (vãos, secções, estado estrutural, anomalias, etc)
- Apresentação das plantas estruturais por piso, identificando-se o número dos compartimentos desse mesmo piso de forma a poder-se consultar facilmente as tabelas com a informação de cada compartimento;

- Apresentação das plantas estruturais onde cada elemento estrutural é representado com a cor correspondente ao seu estado estrutural permitindo, assim, a observação global do estado de cada piso.

Atendendo ao referido na estratégia atrás exposta, os compartimentos de cada piso foram numerados de acordo com a designação Cx_y, em que x corresponde ao número do piso e y corresponde ao número do compartimento nesse mesmo piso. A título ilustrativo, apresenta-se na Figura 20 a planta estrutural do piso 2, onde os elementos estruturais dos compartimentos C2_y, bem como os alinhamentos A e B, se encontram assinalados.



Figura 20: Identificação estrutural dos compartimentos do piso 2

Para cada compartimento, compilou-se, então, a informação recolhida durante a inspeção numa tabela em que, para cada elemento, se registaram o vão, a sua secção transversal média, o seu estado de conservação geral, o estado de conservação dos apoios nas paredes definidos pelos alinhamentos A e B, bem como outras observações relevantes (Figura 21). Sempre que foi considerado necessário, anexou-se um registo fotográfico que facilitasse a interpretação dos problemas existentes. A execução destas tabelas descritivas para os vários compartimentos do edifício permitiu, desta forma, elaborar plantas estruturais dos diferentes pisos nas quais se indica o estado de conservação dos respectivos elementos estruturais.

Como anteriormente referido, foi associada uma cor a cada nível do seu estado de conservação, correspondendo o verde a elementos em bom estado, o amarelo a elementos em estado razoável e o vermelho a elementos em deficiente estado de conservação. A atribuição desta classificação foi efectuada em função de vários parâmetros, nomeadamente, a perda de secção das vigas face aos ataques xilófagos, o estado das vigas na zona das entregas, o estado geral das vigas, a existência de fendas e o estado de deformação/torção das vigas. Para que um determinado elemento pudesse ser considerado em Bom estado (cor verde), seria necessário obter uma avaliação positiva em todos os parâmetros avaliados. Por outro lado, a classificação Razoável (cor amarela) foi atribuída a elementos que, apesar de apresentarem uma avaliação negativa em alguns parâmetros, não apresentavam uma redução apreciável da sua capacidade resistente. São exemplos deste tipo de classificação as vigas com ataques xilófagos de 1cm de profundidade, já inactivos, e em que a redução da secção não foi considerada significativa face à secção inicial e ao vão da viga. Os elementos considerados em condições Deficientes (cor vermelha) foram elementos cuja substituição ou reforço

pontual foi recomendada, como, por vezes, aconteceu nas zonas de entrega das vigas nas paredes (Figura 22).

Uma vez que o tarugamento dos pisos foi considerado eficaz e, de uma forma geral, em bom estado, foi feita uma nota geral sobre estes elementos não tendo sido efectuada a avaliação por compartimento destes elementos. Verificou-se, ainda, que os pisos possuíam pouca deformação, um factor que foi associado, quer ao bom estado de conservação das vigas de madeira, quer à existência do eficaz tarugamento.

Apresentam-se na Figura 23 e na Figura 24 as plantas estruturais do piso 1 e do piso 3, respectivamente, nas quais se pode observar o registo da classificação cromática atribuída aos elementos estruturais. A observação deste tipo de representação em planta permite, de um modo simples e eficaz, concluir acerca do estado geral de conservação dos elementos estruturais assim como da sua capacidade resistente, evidenciando de forma eficiente qual o nível da intervenção a efectuar.

A simples observação dos mapas permite perceber o volume de intervenção envolvido na reabilitação estrutural dos pisos, tendo uma ideia do volume de entulhos de obra, da dimensão do estaleiro, da necessidade de ocupação ou não de passeios e/ou via pública, contribuindo esta visão alargada para uma avaliação económica efectiva da intervenção.

PISO 1								
Compartimento: C1_1, l = 5,50m			No apoio B é possível observar as entregas do pavimento do edifício vizinho					
Designação elemento	Tipo elemento	Secção média (m2); Ø (m)	Estado geral	Apoio A	Apoio B	Teor Humidade	Notas	Fotos
V1	viga	Ø=0,20m	bom	bom	bom	12%	Manter	27
V2	viga	0.14x0.14	razoável/ fendas secagem, empeno	razoável, fendas secagem, ataque caruncho 0,5cm	razoável	12%	A substituir	
V3	viga	0.14x0.14	bom, fenda secagem	bom, fenda secagem	razoável, fenda secagem, ataque caruncho 1cm	12%	Manter	
V4	viga	0.20x0.20	bom, fenda secagem	bom, fenda secagem	bom, fenda secagem	12%	Manter	
V5	viga	0.14x0.14	bom	razoável/bom, fenda secagem, ataque caruncho 0,5 cm	bom	12%	Manter	34
V6	viga	0.14x0.14	bom	razoável/bom, fenda secagem, ataque caruncho 0,5 cm	bom	12%	Manter	28
V7	viga	Ø=0,20m	excelente	excelente	excelente	12%	Manter	
V8	viga	0.14x0.14	bom	razoável/bom, ataque caruncho 0,5 cm	bom	12%	Manter	38
V9	viga	0.20x0.20	excelente	excelente	excelente	12%	Manter	
V10	viga	0.14x0.14	bom	razoável/bom, ataque caruncho 0,5 cm	-	12%	Manter	45
F1	frechal		fendas de secagem, ataque localizado de caruncho com 0.5cm a meio vão				Manter	

Figura 21: Tabela com as características geométricas das vigas e o seu estado de conservação



Figura 22: Estado de conservação das vigas do pavimento: a) elementos em bom estado; b) elementos com degradações pontuais

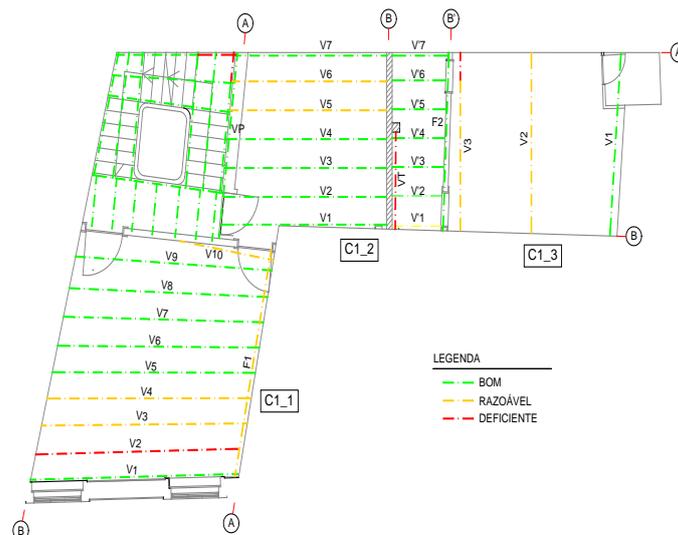


Figura 23: Classificação do estado de conservação das vigas no piso 1



Figura 24: Classificação do estado de conservação das vigas no piso 3

3 CONCLUSÕES

A inspeção e o diagnóstico correctamente efectuados podem permitir a manutenção das estruturas existentes com a garantia da estabilidade estrutural dessas construções. O NCREP encontra-se habilitado a efectuar uma série de ensaios e procedimentos que validem as estruturas existentes e permitam a sua manutenção com vantagens inequívocas em várias vertentes.

Os procedimentos efectuados no edifício da rua dos Lóios, no Porto, tiveram por objectivo fornecer elementos de apoio aos agentes envolvidos no processo de intervenção: o dono de obra, o projectista e o empreiteiro. Atendendo a que os responsáveis pela intervenção pretendiam preservar o valor arquitectónico e histórico do edifício, procurou-se apresentar a informação num formato claro e que permitisse a sua consulta de forma simples. Em particular, foi dada especial atenção à sistematização da informação, tornando mais simples o processo de medição e orçamentação da futura obra. Nesse sentido, a criação de tabelas e

plantas com informação acerca dos elementos estruturais constituiu uma importante ajuda na organização do estudo efectuado, permitindo que técnicos de diferentes áreas entendessem os parâmetros em análise e os resultados da inspeção. Finalmente, salienta-se que o estudo realizado neste edifício fomentou a utilização duma metodologia sistematizada de levantamento estrutural/material que permitiu a opção por uma intervenção integrada e sustentada no património corrente.

4 BIBLIOGRAFIA

- A. Costa, J. Guedes, E. Paupério, L. Miranda, Relatório de Inspeção - Edifício de Vila do Conde, IC, Porto - Vila do Conde, 2004.
- A. Costa, J. Guedes, E. Paupério, C. Ornelas, T. Ilharco, Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Casa de Marquês de Pombal nº 30, IC, 2005.
- A. Costa, J. Guedes, E. Paupério, C. Ornelas, T. Ilharco, Relatório de Inspeção e Diagnóstico da Casa Marquês de Pombal nº 44, IC 2005.
- A. Costa, As Patologias e as Reabilitações Estruturais, PATORREB – 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Portugal, 2006.
- A. Costa, J. Guedes, E. Paupério, T. Ilharco, L. Miranda, B. Silva, Relatório Preliminar de Inspeção e Diagnóstico - Edifício do Largo de São Domingos nºs 80, 81 e 82 (CESAP), IC, Porto, 2006.
- A. Costa, E. Paupério, T. Ilharco, F. Neves, D. Coutinho, Relatório Preliminar de Inspeção - Centro de Reabilitação do Norte - Vila Nova de Gaia, IC, 2009.
- A. Costa, E. Paupério, Relatório de Inspeção - Torre do Relógio - Caminha, IC, Viana do Castelo, 2006.
- A. Costa, J. Guedes, T. Ilharco, E. Paupério, Relatório Final de Inspeção e Diagnóstico - Edifício do Largo de São Domingos nºs 80, 81 e 82 (CESAP), IC, 2007.
- A. Costa, J. Guedes, E. Paupério, T. Ilharco, Relatório Final de Inspeção e Diagnóstico e Medidas de Reparação - Palácio de Belomonte e Edifício do Largo de São Domingos nºs 80, 81 e 82 (CESAP), Porto, 2007.
- A. Costa, E. Paupério, J. Guedes, T. Ilharco, V. Lopes, Relatório de Inspeção e Diagnóstico - Estrutura de Madeira dos Pisos - Edifício Rua dos Lóios, nº 59, 59A E 59B Porto, IC, 2007.
- A. Costa, X. Romão, F. Neves, N. Pereira, E. Paupério, Relatório de avaliação da segurança estrutural - Edifício Royal Center - Fafe, IC, Porto, 2010.
- R. Delgado, A. Costa, E. Paupério, V. Lopes, D. Coutinho, Relatório de Inspeção e Diagnóstico Estrutural - Escola Secundária Filipa Vilhena, IC, 2008.
- A. Costa, A. Arêde, E. Paupério, J. Castro, J. Guedes, V. Lopes, T. Dias, F. Neves, D. Coutinho, J. Milheiro, A. Monteiro, A. A. Costa, Edifício do Mercado do Bolhão - Relatório de Inspeção e Diagnóstico Estrutural, LESE, FEUP, 2009.
- A. Costa, A. Arêde, F. Neves, Edifício do Mercado do Bolhão - Relatório de monitorização do Mercado do Bolhão 01, LESE, FEUP, 2010.
- A. Costa, A. Arêde, F. Neves, Edifício do Mercado do Bolhão - Relatório de monitorização do Mercado do Bolhão 02, LESE, FEUP, 2010.
- T. Ilharco, J. Guedes, A. Arêde, E. Paupério, A. Costa, Strengthening Of Timber Floors At Porto Historical Centre, International Seminar On Seismic Risk And Rehabilitation Of Stone Masonry Housing, Azores 2008.
- T. Ilharco, J. Guedes, A. Costa, A. Arêde, E. Paupério, Pavimentos antigos de madeira. Avaliação da distribuição de carga através de ensaios in situ, *Pedra & Cal* (2010) 18-20.
- T. Ilharco, J. Guedes, A. Costa, E. Paupério, A. Arêde, Análise de pavimentos de madeira através de ensaios in situ. O caso dos edifícios antigos do Porto. 4th Conference On Structural Defects And Repair Civil Engineering Department – University Of Aveiro, Aveiro, 2008.
- V. Lopes, J. Guedes, E. Paupério, A. Arêde, A. Costa, Ambient vibration testing and seismic analysis of a masonry chimney, *Journal of Building Appraisal* 5 (2009) 101-121.
- L. Miranda, J. Guedes, A. Costa, Aplicação de Técnicas NDT a Edifícios de Alvenaria de Pedra na Cidade do Porto in: V.P.d. Freitas, C.D. Gómez, P. Helene, V. Abrantes, (Eds), 3º Encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios, 3º Congreso de patología y rehabilitación de edificios, Porto, Portugal, 2009.
- C. Ornelas, T. Dias, J. Guedes, A. Costa, E. Paupério, A Inspeção como Instrumento de Decisão; Apresentação de um caso Prático num edifício com valor patrimonial, PATORREB – 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Portugal, 2006.
- E. Paupério, X. Romão, J. Guedes, A. Costa, L. Miranda, Análise e Sistematização de Informação, 2º Seminário “A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação”, Porto, Portugal, 2005.

- E. Paupério, X. Romão, J. Guedes, A. Costa, Técnicas Multimédia aplicadas à Organização e Disponibilização de Informação em Património Edificado, Revista Engenharia e Vida Ano III (2006).
- X. Romão, E. Paupério, J. Guedes, A. Costa, L. Miranda, Novas perspectivas para a sistematização de informação resultante de inspecções técnicas, PATORREB – 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Portugal, 2006.