

REPARAÇÃO E REFORÇO DA ESTRUTURA DO CORO

Paulo B. Lourenço, Professor Catedrático, Eng^o Civil
Nuno Mendes, Doutorando, Eng^o Civil
ISISE, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães

1. Introdução

As intervenções na Igreja de Nossa Senhora de Oliveira contemplaram o restauro do órgão neoclássico situado no coro alto, que se traduz num acréscimo de peso sobre a estrutura de suporte do mesmo. Além deste acréscimo de peso, o estado de conservação dos elementos estruturais é também um aspeto fundamental a ter em consideração na avaliação da necessidade de se intervir na estrutura de suporte do coro alto.

Numa primeira fase dos trabalhos associados a intervenções do património cultural construído é necessário identificar os elementos resistentes que permitem a segurança na utilização da construção, incluindo as suas propriedades geométricas, os materiais presentes e o estado de conservação. Assim, efetuou-se, numa primeira fase, o levantamento da estrutura do coro alto, envolvendo ensaios de georadar para identificação dos elementos metálicos, inspeção visual e desmonte parcial do pavimento de madeira e das almofadas do guarda-vento junto do pavimento térreo. Esta fase permitiu concluir sobre o estado de conservação do vigamento do pavimento e dos pórticos metálicos, confirmando a necessidade de uma intervenção de reparação e reforço da estrutura.

A intervenção da estrutura do coro alto teve como principais objetivos a conservação da estrutura metálica e dos elementos de madeira, o reforço do vigamento do pavimento e a substituição do soalho. Além da verificação da segurança à rotura, a intervenção na estrutura do coro alto teve em consideração a limitação de deformação necessária ao bom desempenho do órgão.

Os trabalhos de reparação e reforço foram realizados com recurso a materiais compatíveis com os materiais existentes, evitando efeitos prejudiciais a longo prazo, tal como definido nas recomendações para as intervenções no património cultural construído.

2. Conservação e reabilitação do património cultural construído

A importância das construções históricas foi no passado associada exclusivamente à utilização do edifício e, conseqüentemente, as construções foram sujeitas a várias alterações com o objetivo de cumprir os requisitos necessários para as suas novas funções. Atualmente, as sociedades modernas apresentam interesse na conservação das construções históricas, considerando estas como um registo identitário e da diversidade a preservar. Neste contexto, cabe às gerações correntes preservar o património cultural construído em boas condições para as gerações futuras. Este ato cultural possui exigências elevadas para os engenheiros, uma vez que a deterioração é intrínseca à vida. Como exemplo, refere-se que a vida útil de um edifício moderno é cerca de cinquenta anos.

Os países europeus têm desenvolvido, durante as últimas décadas, conhecimento e experiência no domínio da conservação das construções históricas. Vários investimentos têm sido concentrados neste domínio, conduzindo a avanços significativos na inspeção, ensaios não destrutivos, monitorização e análise estrutural de construções históricas. O *International Council on Monuments and Sites* (ICOMOS) preparou ainda recomendações para os intervenientes nestes projetos. Estas recomendações contêm os Princípios, nos quais se apresentam os conceitos básicos de conservação e reabilitação das estruturas de edifícios, e as Orientações, nas quais se abordam as regras e metodologias a seguir.

2.1 Princípios

O projeto de conservação e reabilitação exige uma abordagem multidisciplinar com uma organização e análise em etapas semelhantes às utilizadas na medicina. As fases de anamnese, diagnóstico, terapia e acompanhamento, utilizadas na medicina, correspondem respetivamente ao levantamento da construção, à identificação de causas de dano e de degradação, à seleção de técnicas de reparação e à monitorização para controlo da eficácia das intervenções. Esta abordagem por fases é fundamental para a decisão e controlo da intervenção, tornando claro que não se deve efetuar nenhuma ação sem se verificar o provável benefício e dano no património cultural construído.

O conhecimento sobre o enquadramento histórico, o comportamento estrutural e as características dos materiais é essencial para o projeto relacionado de intervenção. O diagnóstico tem por base informações históricas, e abordagens qualitativas e quantitativas. A abordagem qualitativa é baseada na observação do dano estrutural e da degradação dos materiais, bem como na pesquisa histórica e arqueológica. A abordagem quantitativa requer ensaios estruturais e de caracterização dos materiais, monitorização e análise estrutural. A terapia tem por objetivo tratar as causas e envolve intervenções na estrutura.

Cada intervenção deve ser proporcional aos objetivos que persegue, recorrendo-se a intervenções que cumpram os requisitos de segurança e durabilidade com impacto e dano mínimos sobre o valor patrimonial. Sempre que existam dificuldades na avaliação do nível efetivo de segurança e dos benefícios da intervenção, deve-se recorrer à observação ou a uma abordagem incremental, que se inicia com uma intervenção mínima e que evolui com adoção de medidas complementares e corretivas, em função de uma avaliação

da eficácia da intervenção anterior. Os materiais utilizados nas intervenções devem ser compatíveis com os materiais existentes, incluindo os efeitos a longo prazo e evitando efeitos secundários indesejáveis.

2.2 Orientações

A combinação do conhecimento científico e cultural com a experiência é indispensável para os estudos sobre conservação do património cultural construído. O principal objetivo dos estudos, da investigação e das intervenções neste domínio é preservar o valor cultural e histórico dos edifícios. A engenharia estrutural assume-se neste objetivo como o suporte científico para se obterem os resultados necessários à interpretação do comportamento dos edifícios.

A análise estrutural requer uma abordagem interdisciplinar que vai além das considerações técnicas, podendo dar resposta a questões históricas. O conhecimento da estrutura do edifício envolve informação sobre a sua conceção, técnicas construtivas, processos de degradação e de dano, alterações ocorridas ao longo do tempo e estado atual.

A metodologia recomendada para a realização de projetos relacionados com intervenções de conservação e reabilitação envolve um processo iterativo constituído pelas seguintes fases: (a) aquisição de dados; (b) comportamento estrutural; (c) diagnóstico e segurança; (d) intervenções corretivas. O diagnóstico e avaliação de segurança correspondem a dois procedimentos consecutivos e interligados que estão na base da definição das intervenções corretivas a aplicar. Caso esta fase seja realizada de forma incorreta, as decisões poderão resultar em intervenções corretivas excessivamente conservadoras ou em níveis de segurança inadequados.

3. Intervenções e levantamento do coro alto

A Igreja de Nossa Senhora da Oliveira foi alvo de várias intervenções de conservação, entre as quais se destaca a campanha realizada entre 1967 e 1973 e que envolveu a transformação do coro alto. Anteriormente a esta intervenção, o coro alto era suportado por uma estrutura de alvenaria, e tinha um corpo avançado, bem como uma sala adjacente (Figura 1a). Após esta intervenção, o coro alto sofreu uma transformação e passou a ser suportado por pórticos metálicos inseridos no guarda-vento, construído também nesta intervenção (Figura 1b). (DGEMN, 1981)

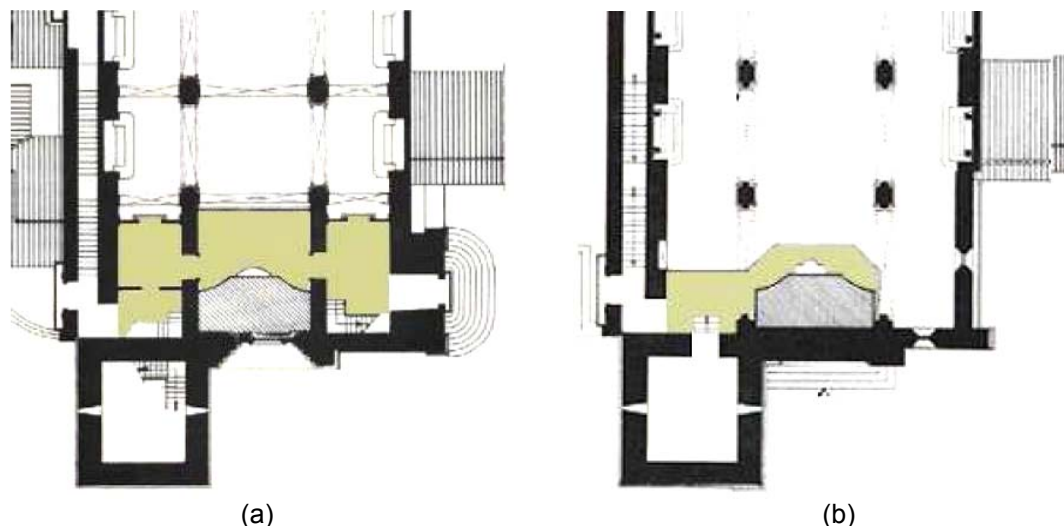
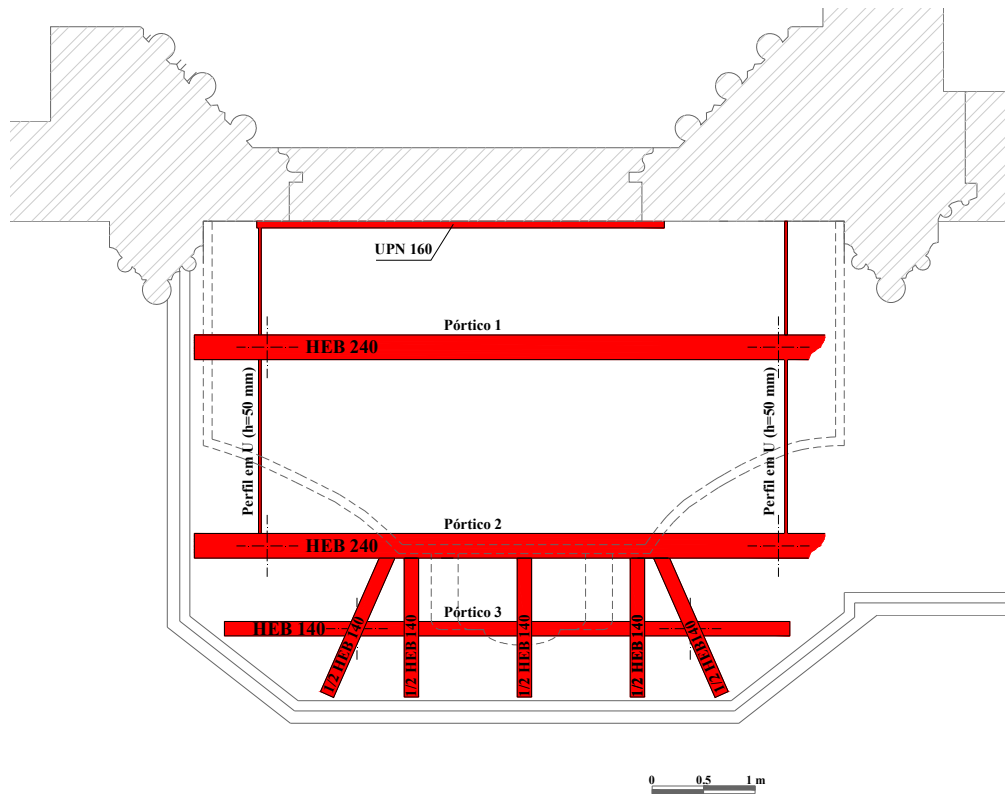


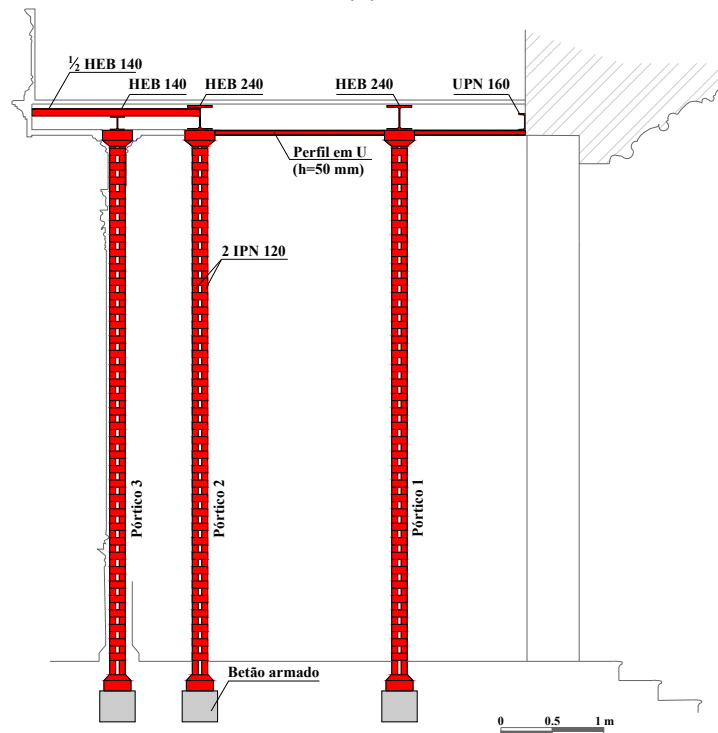
Figura 1 – Plantas do coro alto: (a) antes e (b) depois da campanha de restauro de 1967-1973. (DGEMN, 1981)

Na primeira fase dos presentes trabalhos procedeu-se ao levantamento do coro alto, envolvendo inspeção visual, ensaios de georadar pelas faces inferior e superior do pavimento do coro alto, desmonte das almofadas do guarda-vento junto do pavimento térreo e abertura da fundação, desmonte parcial do pavimento do coro alto numa fase inicial do projeto e desmonte total do pavimento numa fase avançada de projeto. O levantamento teve como principais objetivos: (a) atualizar a geometria da estrutura; (b) avaliar o estado de conservação dos elementos estruturais; (c) avaliar o tipo e estado de conservação das ligações entre elementos estruturais; (d) verificar o travamento dos pórticos metálicos; (e) verificar o estado de conservação da secção dos perfis metálicos na base dos pórticos.

A estrutura metálica é constituída por três pórticos metálicos paralelos e por cinco vigas que suportam o vão em consola (Figura 2). O soalho (espessura igual a 2.5 cm) assentava sobre um conjunto de vigas principais e secundárias em madeira dispostas, aproximadamente, em direções ortogonais. Os pórticos apresentam o mesmo tipo de pilar, com secção composta por dois perfis IPN 120 unidos por chapas (150 x 70 x 6 mm) espaçadas verticalmente cerca de 70 mm e soldadas nos banzos dos perfis. Os pórticos 1 e 2 apresentam vigas de dimensões superiores (HEB 240) à do pórtico 3 (HEB 140), bem como vãos também superiores. Os pórticos encontram-se travados na direção para fora do seu plano por elementos em madeira. Os nós viga/pilar dos pórticos 1 e 2 encontram-se ligados por perfis metálicos em “U” com 50 mm de altura. Além disso, as vigas dos pórticos 2 e 3 estão ligadas por meios perfis HEB 140, e apresentam-se soldadas ao perfil HEB 240 (pórtico 2) e ao perfil HEB 140 (pórtico 3). A estrutura apresenta ainda um perfil UPN 160 junto da parede de alvenaria com comprimento mais reduzido.



(a)



(b)

Figura 2 – Estrutura metálica: (a) planta; (b) corte transversal.

A ligação entre pilar e viga é constituída por chapas metálicas soldadas, com elementos metálicos que a rigidificam, e encontra-se em bom estado de conservação (Figura 3). Os banzos superiores das vigas dos pórticos 1 e 2 (HEB 240) apresentam corrosão reduzida (Figura 4a). Relativamente à estrutura metálica, destaca-se ainda o corte da secção transversal da viga do

pórtico 3 (Figura 4b). Esta redução de secção transversal está fora do vão entre pilares e não tem influência no comportamento da estrutura quando sujeita ao carregamento adicional do órgão. As secções transversais dos perfis na fundação apresentam corrosão moderada com ligeira redução da secção (Figura 5a). Por último, as vigas de suporte do soalho apresentam imperfeições e dano, nomeadamente descontinuidades e redução de secção transversal, em particular as vigas secundárias (Figura 5b).

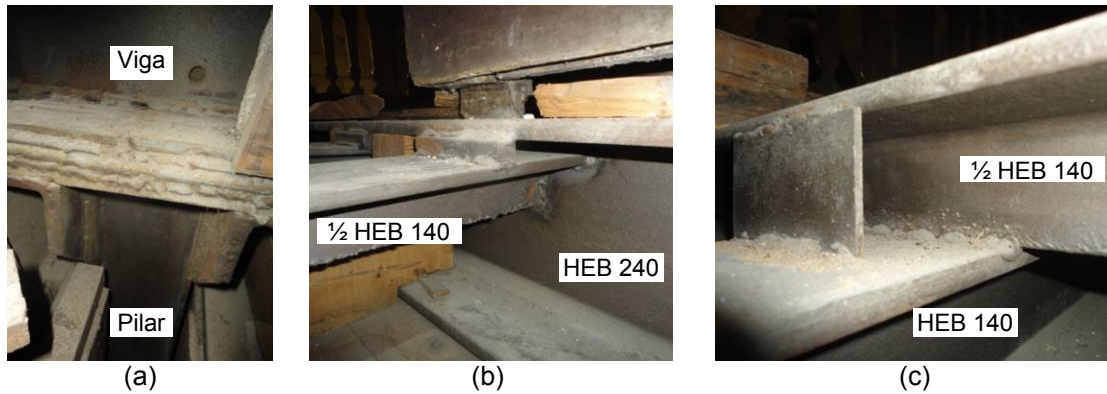


Figura 3 – Pormenores das ligações soldadas: (a) viga-pilar dos pórticos; (b) ½ HEB 140-HEB 240 (pórtico 2); (c) ½ HEB 140-HEB 140 (pórtico 3).



Figura 4 – Pormenores da estrutura metálica: (a) corrosão no banzo superior dos perfis HEB 240 (vista superior); (b) corte da secção transversal do perfil HEB 140.



Figura 5 – Pormenores (a) da fundação e (b) do vigamento do pavimento.

4. Trabalhos de conservação e reforço da estrutura

A intervenção na estrutura do coro alto teve como principal objetivo garantir os critérios de estabilidade e de deformação necessários ao funcionamento do órgão após o seu restauro. Além dos critérios definidos na regulamentação de dimensionamento estruturas (NP EN 1991-1-1, NP EN 1993-1-1 e NP EN 1995-1-1), utilizou-se um critério de deformação mais condicionante e necessário ao bom desempenho do órgão. De acordo com este critério, a deformação máxima a longo prazo admissível é igual a 1.5 mm. Estimou-se que o peso total do órgão após o restauro é igual a 60 kN. Tendo em consideração estes pressupostos, verificou-se a estabilidade dos pórticos metálicos, considerando uma redução da secção transversal na base devido ao efeito da corrosão, e concluiu-se que os elementos existentes verificam os critérios de projeto. No que se refere ao vigamento de madeira (Figura 6), o dimensionamento exigiu uma nova disposição das vigas principais existentes (VP), novas vigas principais mistas (VPM) e novas vigas secundárias (VS). As VPM1 a VPM4 têm secção transversal igual a $0.11 \times 0.16 \text{ m}^2$ e são reforçadas com duas chapas laterais (S275) com espessura igual a 10 mm. As VPM5 a VPM8 têm secção transversal igual a $0.075 \times 0.145 \text{ m}^2$ e são reforçadas com duas chapas laterais (S275) com espessura igual a 4 mm. As chapas laterais são fixas à viga em madeira com parafusos de cabeça sextavada M8 (5.8). As VPM estão dispostas em duas bandas, tendo em consideração os elementos mais pesados a serem colocados sobre o pavimento. As VS têm secção transversal igual a $0.08 \times 0.085 \text{ m}^2$. As vigas de madeira apresentam um espaçamento máximo de 0.50 m. O soalho foi substituído e apresenta uma espessura igual a 0.025 m (Figura 7).

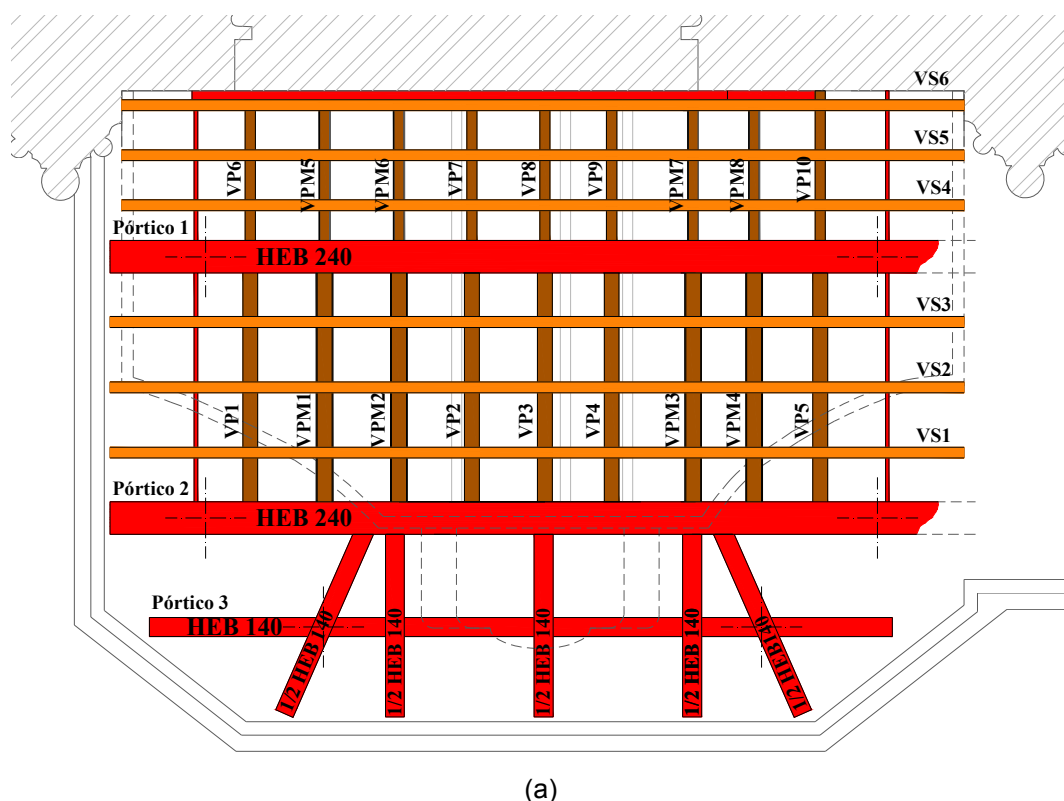


Figura 6 – Planta do reforço do vigamento do pavimento do coro alto em zona de colocação do órgão.

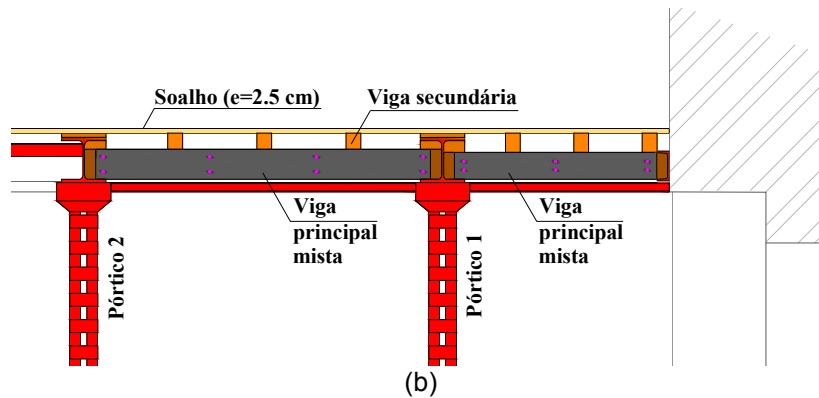


Figura 7 – Corte transversal do reforço do pavimento do coro alto em zona de colocação do órgão.

A intervenção na estrutura do coro alto envolveu processos construtivos específicos que visam garantir o bom desempenho do órgão a longo prazo. Nos banzos das vigas dos pórticos metálicos aplicou-se um tratamento anticorrosivo, incluindo limpeza da superfície com corrosão, e aplicação de primário de epóxi de alumínio e revestimento epóxi de alto teor em sólidos. Este tratamento anticorrosivo foi também aplicado nas chapas laterais das vigas mistas e nos parafusos. Além disso, aplicaram-se placas de neopreno entre o soalho e as vigas dos pórticos, tendo por objetivo isolar a face superior dos banzos da possível humidade da madeira (Figura 8a). As ligações entre as vigas principais e as paredes de alvenaria foram reparadas ou substituídas (Figura 8b). Nas vigas principais colocou-se um taco em madeira de encunhamento, tendo por objetivo fixar as vigas mistas entre os banzos das vigas metálicas, condicionando a rotação no apoio e, conseqüentemente, reduzindo a deformação a meio vão das vigas mistas.

As vigas secundárias foram aparafusadas às vigas principais com pré-furo aberto para o efeito, tendo por objetivo criar um comportamento estrutural do tipo grelha e, conseqüentemente, reduzir a deformação do pavimento. O nivelamento de todos os elementos do pavimento foi verificado, de forma a garantir a horizontalidade do soalho. As bases de suporte dos elementos estruturais foram cuidadosamente preparadas, de forma a estarem em contato com os restantes elementos, garantindo uma distribuição uniforme de cargas.

Os processos construtivos do pavimento foram aplicados em todo o pavimento do coro alto, incluindo na zona do pavimento em consola que se apresentava em mau estado de conservação. A estabilidade desta zona foi melhorada com a aplicação de elementos metálicos e de madeira, ligando a extremidade do pavimento junto do guarda corpos à viga secundária (Figura 8c). Na Figura 8d apresenta-se o aspeto final do pavimento após aplicação do soalho.

Por último, as secções transversais da base dos pórticos foram também alvo de tratamento anticorrosivo, incluindo limpeza mecânica, e aplicação de primário de epóxi de alumínio e revestimento epóxi de alto teor em sólidos. As fundações foram preenchidas com argamassa fluida de retração compensada e com pendente ascendente no sentido dos perfis metálicos, tendo por objetivo evitar a acumulação de água na base dos pórticos.

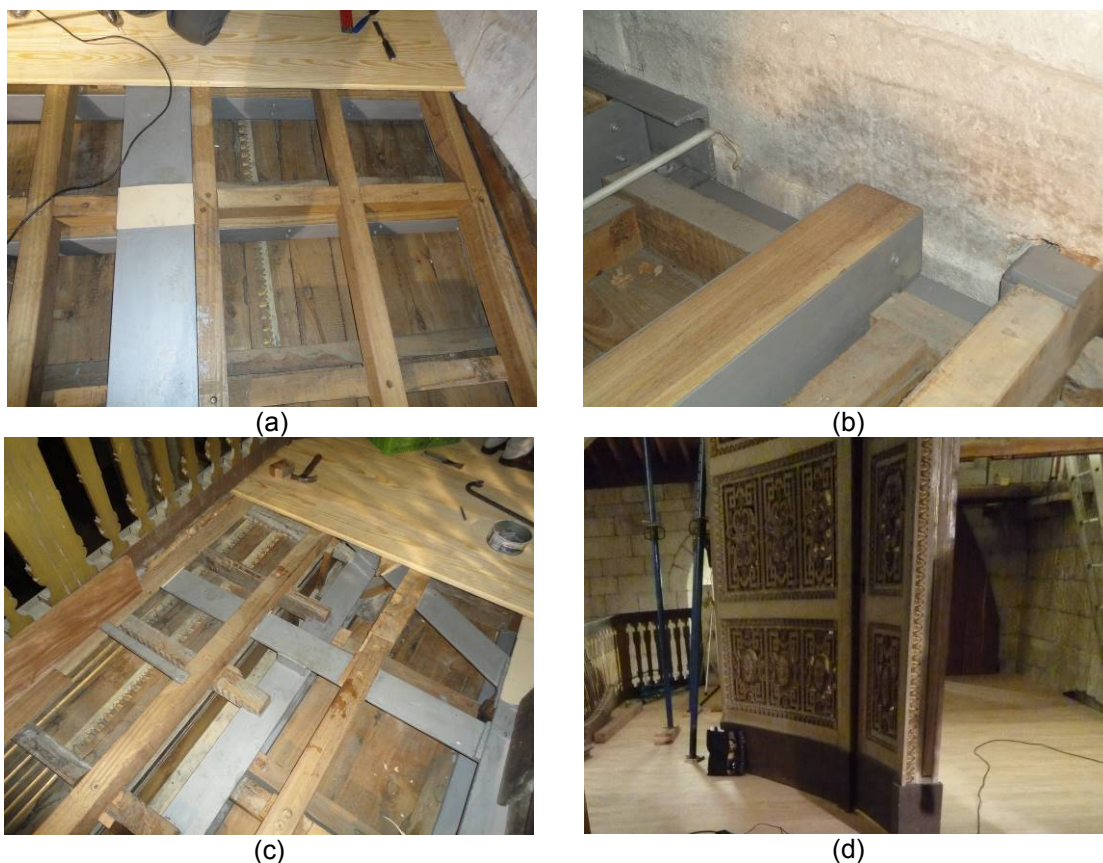


Figura 8 – Pormenores da construção do pavimento do coro alto: (a) vigamento; (b) reforço da ligação entre a viga de madeira e a parede de alvenaria; (c) vigamento e reforço das ligações no pavimento em consola; (d) vista geral após aplicação do soalho.

5. Conclusões

O coro alto foi alvo de uma intervenção que tem por objetivo assegurar a estabilidade da estrutura e o bom desempenho do órgão após o seu restauro. O restauro do órgão inclui um acréscimo do número de tubos e, conseqüente, um aumento do peso sobre a estrutura resistente. Estimou-se que o peso total do órgão é igual a 60 kN e verificaram-se os critérios de resistência e de limite de deformação da estrutura.

A intervenção incluiu medidas corretivas, nomeadamente o tratamento anticorrosivo dos banzos superiores das vigas dos pórticos e dos perfis na base, e reparação das ligações. O vigamento do pavimento foi reforçado com vigas principais com secção transversal mista e novas vigas secundárias em madeira. Além disso, o soalho foi substituído. Os processos construtivos foram cuidadosamente definidos e executados, de forma a garantir a deformação reduzida exigida em projeto, a horizontalidade do soalho e a durabilidade da estrutura.

6. Referências

DGEMN (1981), “Igreja de Nossa Senhora da Oliveira. Guimarães”, Boletim nº 128, Lisboa, Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.

NP EN 1991-1-1 (2009), “Eurocódigo 1 – Ações em estruturas. Parte 1-1: Ações gerais”.

NP EN 1993-1-1 (2010), “Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas e aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios”.

NP EN 1995-1-1 (2004), “Eurocódigo 5 – Projeto de estruturas de madeira. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios”.