

CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL DO CORO ALTO DA IGREJA DO PÓPULO EM BRAGA

ESMERALDA PAUPÉRIO

Engenheira
IC-FEUP

CRISTINA COSTA

Engenheira
Prof. ESTT – IPT

ANÍBAL COSTA

Engenheiro
Prof. FEUP

ANTÓNIO ARÊDE

Engenheiro
Prof. FEUP

SUMÁRIO

Devido a factores externos à estrutura, houve necessidade de se proceder à consolidação estrutural de dois arcos de pedra que integram a estrutura de apoio do coro alto da Igreja do Pópulo, que registaram abatimentos da zona central. Para além destes factores externos, alterações ocorridas devido à modificação do funcionamento do espaço do coro alto efectuadas ao longo dos tempos, foram também introduzindo por si só alterações no funcionamento estrutural destes elementos, o que contribuiu em certa medida para o agravamento dos problemas.

A intervenção visou fundamentalmente controlar as deformações dos arcos secundários e das quais poderiam resultar alterações irreversíveis da estrutura, substituindo a solução provisória de escoramento destes arcos entretanto adoptada. A solução de consolidação passou pela introdução de uma estrutura metálica sobre estes arcos e coincidente com a zona de intercepção de duas abóbadas orientadas em planos perpendiculares.

Procurou-se com esta intervenção aliviar a carga dos arcos secundários, repondo-se de certa forma as condições estruturais iniciais, o que permitiu garantir a estabilidade estrutural dos elementos em causa, sem alteração do valor estético e histórico do edifício.

INTRODUÇÃO

Estruturalmente o coro alto da Igreja do Pópulo tem apoio em arcos que se desenvolvem transversalmente à nave da Igreja (arcos principais) e em arcos que se desenvolvem no sentido longitudinal (arcos secundários). Estes arcos apresentam em comum o facto de serem bastante

abatidos, com a zona central praticamente horizontal e com juntas entre pedras quase verticais, conforme se pode observar no levantamento apresentado na Figura 1.

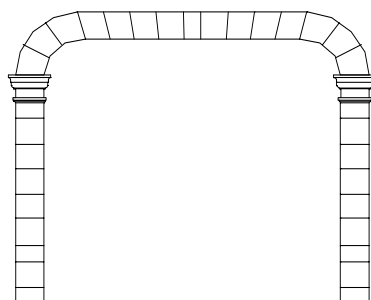


Figura 1 – Levantamento do arco A_{s2}

Ao longo dos tempos as modificações funcionais do espaço do coro alto associadas à alteração de sobrecargas, e às obras efectuadas na periferia desta Igreja, resultaram no aparecimento de deformações consideráveis nos arcos secundários, Figura 2. Devido a estas deformações, as juntas das pedras que compõem o arco apresentavam importantes aberturas de fendas nas fibras traccionadas, junto aos apoios e a meio vão do arco.

De forma a estabilizar estas deformações e que através da monitorização da abertura das fendas se constatou estarem em progressão, foi executado um escoramento provisório em estrutura metálica dos arcos secundários conforme se visualiza na Figura 3.



Figura 2– Deformação bem visível de A_{s1}

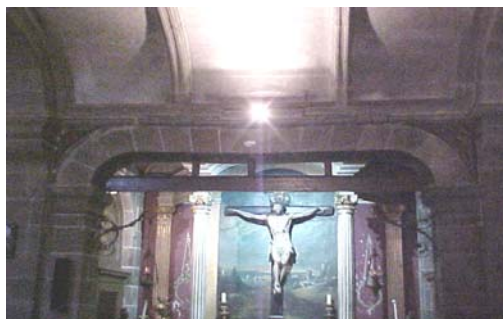


Figura 3 – Escoramento provisório do arco

Este escoramento metálico foi posteriormente substituído pela consolidação estrutural dos arcos secundários conforme se apresenta de seguida.

Por consolidação estrutural, entendemos a reparação no sentido da manutenção da integridade da estrutura, de forma a que, não se alterando o valor estético e histórico do edifício, se garanta a estabilidade estrutural do elemento em causa¹.

1. IDENTIFICAÇÃO DA ESTRUTURA DO CORO ALTO

A estrutura de suporte do coro alto da Igreja do Pópulo, é constituída fundamentalmente por três arcos principais (A_{p1} , A_{p2} e A_{p3}) dispostos transversalmente ao desenvolvimento da Igreja e por dois arcos secundários (A_{s1} e A_{s2}) que se dispõem ortogonalmente aos primeiros, conforme esquematizado na Figura 4. Estes arcos, tanto os principais como os secundários e como foi já referido, têm a particularidade de serem arcos abatidos com a sua zona central praticamente horizontal.

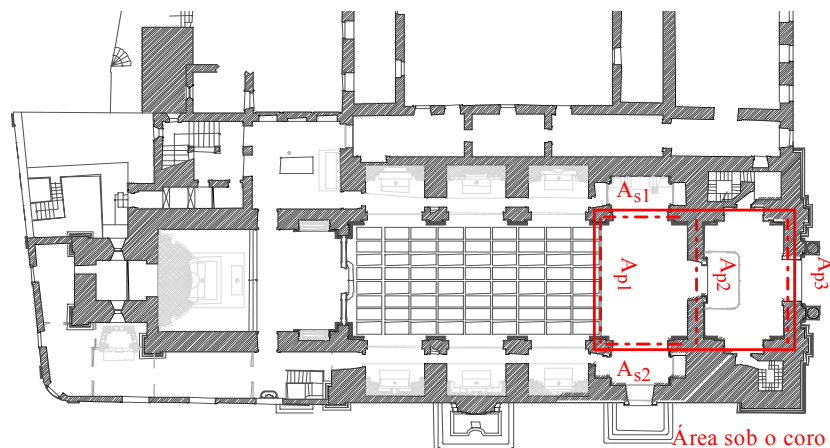


Figura 4 – Planta do Piso 0 da Igreja do Pópulo (DGEMN)

A execução de um parque de estacionamento na frente da igreja, confinante com a fachada que contém o arco A_{p3} , deu origem ao aparecimento de uma série de fissuras no interior da igreja e a um abatimento importante dos dois arcos laterais, A_{s1} e A_{s2} . Foi entretanto adoptada uma solução de reforço e estabilização provisória, que consistiu na introdução de uma estrutura metálica para suportar os arcos visíveis na Figura 5, constituída por um perfil horizontal e por duas escoras verticais.

No sentido de eliminar esses perfis metálicos à vista, que de certa forma surgiam como elementos intrusivos e com uma leitura excessiva, foram desenvolvidos estudos de modo a resolver as deficiências da segurança estrutural dessa zona, repondo-se as condições iniciais.

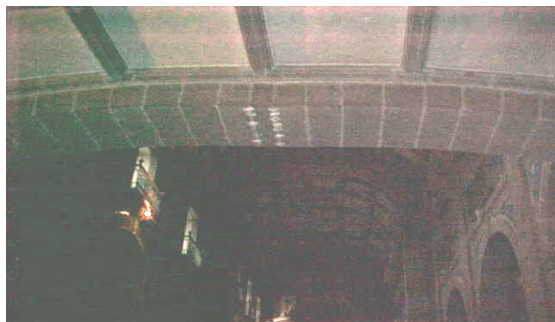
2. IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Nas visitas técnicas efectuadas² observou-se que os arcos secundários A_{s1} e A_{s2} apresentavam deformações acentuadas e aberturas excessivas de fendas nas juntas das pedras que os compõem, conforme se pode observar na Figura 5 e na Figura 6.

Figura 5 – Arco secundário A_{s1} 

Figura 6 – Pormenor da abertura de fendas

Nos dois arcos principais A_{p1} e A_{p2} , referenciados na Figura 4, também foram registadas abertura de fendas nas juntas das pedras, porém com uma expressão inferior à dos arcos secundários A_{s1} e A_{s2} conforme se apresenta nas Figura 7 e Figura 8.

Figura 7 – Arco principal A_{p1} Figura 8 – Pormenor da abertura de fendas em A_{p1}

Nestas inspecções foi ainda possível constatar a existência de fendilhação em panos de enchimento, conforme padrão ilustrado nas Figura 9 e Figura 10.

A fotografia apresentada na Figura 9 refere-se à parede da fachada lateral, na zona da sua intercepção com o arco principal A_{p1} e ao nível do piso do coro, enquanto a Figura 10 mostra a parede da mesma fachada lateral sobre o arco A_{s1} também ao nível do piso do coro. Esta fendilhação, foi relacionada com a ocorrência de movimentos nesta zona do edifício, associados à descompressão do solo de fundação originada pela construção do já referido parque de estacionamento subterrâneo na zona frontal à fachada principal da Igreja.



Figura 9 – Vista da parede danificada com identificação de fissura (a vermelho)



Figura 10 – Padrão de fendilhação da parede sobre o arco A_{s1}

De facto, tudo indica que a descompressão do solo terá originado movimentos nas paredes laterais, qualitativamente esquematizados na Figura 11, e descompressão nos arcos longitudinais (A_{s1} e A_{s2}) sob o coro, dos quais resultaram deformações verticais destes arcos e das paredes sobre os mesmos. As deformações observadas e a inclinação a 45° das fendas registadas nessas paredes e visíveis na Figura 10, são de facto consentâneas com os movimentos acima referidos.



Figura 11 – Identificação das deformações associadas à descompressão do solo

No entanto, os danos observados e que exigiram uma intervenção de reforço em face da sua importância, não estão associados unicamente a este problema de assentamentos. Analisando o funcionamento estrutural da zona em apreço e esquematizado na Figura 12, verifica-se que a parede P_{a2} e a viga V_2 encontram apoio no pilar P_1 , induzindo assim um acréscimo de carga transmitida à zona central do arco abatido A_{s1} resultando, conseqüentemente, no agravamento da sua deformação. Por outro lado, a introdução do pilar P_1 , que deverá ter ocorrido numa fase posterior, alterou o funcionamento estrutural do meio arco designado por Arc_1 , passando este a descarregar parte da carga da parede no pilar P_1 , que por sua vez transmite as cargas ao arco A_{s1} . Na Figura 13 faz-se a correspondência dos elementos estruturais definidos.

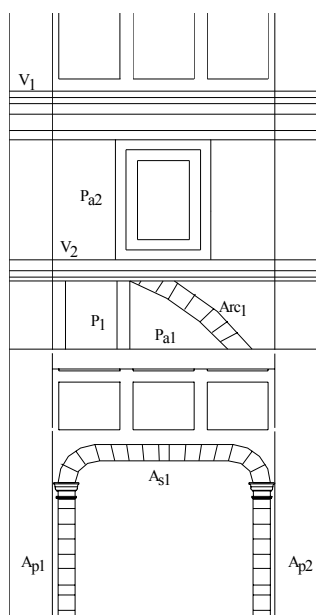


Figura 12 – Definição estrutural de elementos

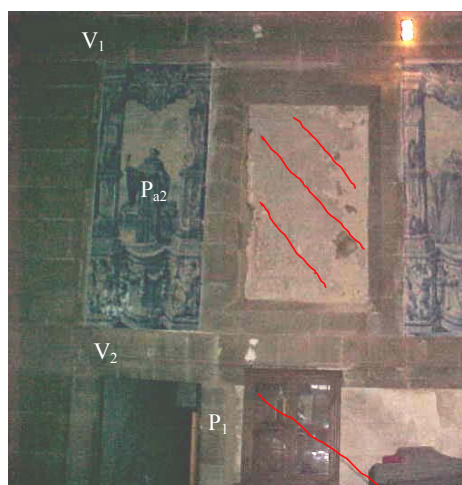


Figura 13 – Identificação dos elementos estruturais

3. CONSOLIDAÇÃO ESTRUTURAL

A solução de reforço³ teria assim de promover a transmissão directa da carga do pilar P_1 para as zonas laterais do arco secundário A_{s1} , aliviando a sua zona central e permitindo simultaneamente a suspensão das pedras desta zona do arco.

Foi concebida uma solução que consistiu na inserção de uma estrutura metálica sobre os arcos secundários A_{s1} e A_{s2} coincidente com a zona de intercepção das duas abóbadas, a abóbada sob o coro alto e a abóbada sobre o altar situado por baixo deste e que são orientadas em planos perpendiculares como se observa na Figura 14.

Figura 14 – Arco A_{s2} e abóbadas sob o coro

A estrutura metálica esquematizada na Figura 15, é constituída por duas vigas V_{r1} e V_{r2} e por duas escoras E_1 e E_2 sobre os arcos secundários A_{s1} , e A_{s2} .

Procurou-se que as secções destes elementos possuissem dimensões aceitáveis do ponto de vista de colocação em obra, optando-se assim pela execução de duas sub-estruturas paralelas e colocadas em cada face da parede conforme se pode observar na Figura 16.

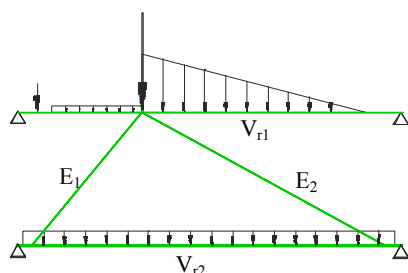


Figura 15 – Esquema do funcionamento estrutural do reforço

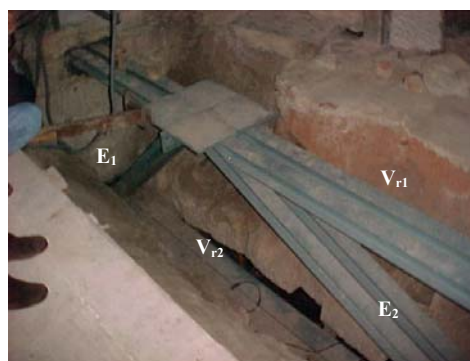


Figura 16 – Execução do reforço

Na Figura 17 representa-se, em cortes transversal e longitudinal, a estrutura metálica de reforço inserida sobre os arcos secundários, referenciando-se todos os elementos.

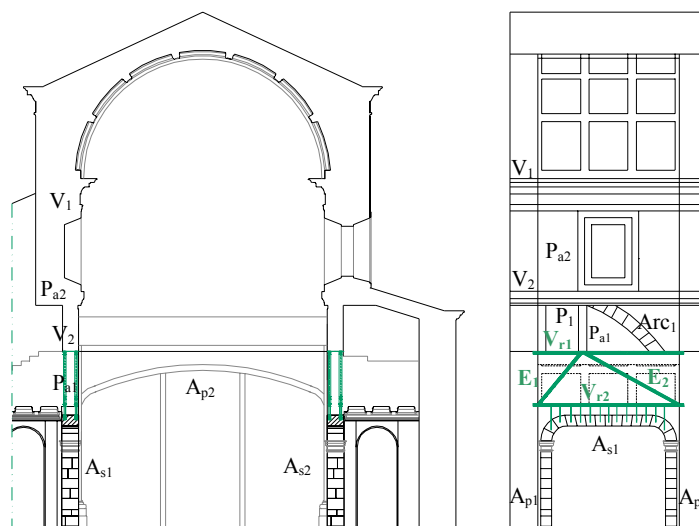


Figura 17 – Estrutura de reforço do arco da Igreja do Pópulo – Alçado e corte

Desta forma, a viga V_{r1} , constituída por dois perfis HEB100, passou a promover o apoio da parede P_{a1} transmitindo parte desta carga para os contrafortes existentes. A viga V_{r2} , constituída por dois perfis HEB160, permite por um lado equilibrar os impulsos resultantes das escoras E_1 e E_2 servindo em simultâneo de apoio à zona central do arco A_{s1} / A_{s2} .

Para a execução desta solução foi necessário retirar parte do soalho do coro bem como toneladas de pedras de granito de grandes dimensões e de ‘entulho’ constituído por terra e pedra miúda. Importa referir que todo este enchimento tem função estrutural contribuindo para aumentar a carga axial nos pilares que recebem os arcos e abóbadas tendo sido repostos após colocação da estrutura metálica.

As Figura 18 a Figura 21 documentam fases da obra de consolidação, podendo observar-se nestas a colocação da estrutura metálica sobre os arcos secundários.



Figura 18 – Zona de inserção da estrutura metálica



Figura 19 – Colocação da 1ª estrutura metálica



Figura 20 – Colocação da 2ª estrutura metálica



Figura 21 – Base para apoio de P_1

Com a implementação desta solução de reforço obteve-se um aumento efectivo da resistência do conjunto estrutural. Esta nova estrutura permite desviar as cargas que estavam a ser transmitidas directamente aos arcos A_{s1} e A_{s2} , aliviando estes elementos e reduzindo as suas deformações.

Nas Figura 22 e Figura 23 apresenta-se o arco A_{s1} antes e depois da consolidação estrutural.

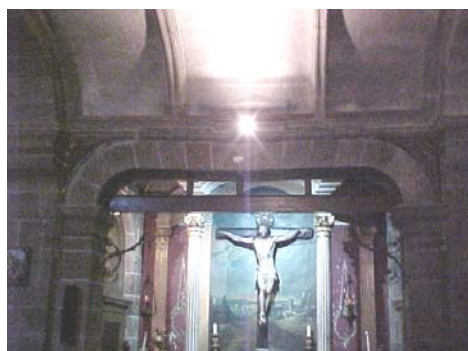


Figura 22 – Arco A_{s1} antes da intervenção

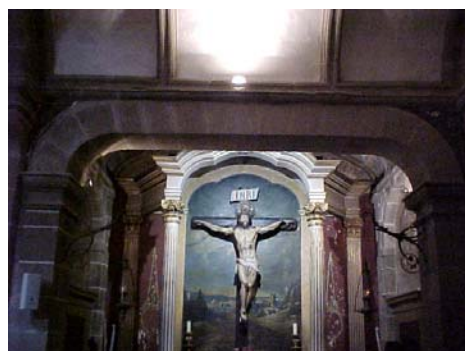


Figura 23 – Arco A_{s1} após a intervenção

CONCLUSÕES

Nas intervenções no património edificado, após o diagnóstico das patologias e da elaboração do respectivo relatório, torna-se fundamental a rapidez e a forma de actuar tendo em vista a preservação das construções.

A solução descrita e adoptada para a consolidação dos arcos é uma opção reversível que permitiu, garantir a estabilidade dos arcos e, consequentemente, o bom funcionamento estrutural da zona afectada.

Com esta apresentação pretendeu-se divulgar parte do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido no âmbito do protocolo estabelecido entre a DREMN e a FEUP, dando assim a

conhecer uma ligação extremamente interessante, a estimular e a manter no futuro e se possível a alargar a outros domínios e Instituições.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que integram o grupo de trabalho do Ncrep da Feup e à DREMN nas pessoas do Arq. Augusto Costa e da Arq. Paula Silva.

BIBLIOGRAFIA

“A Conservação do Património Edificado”, Fernando M.A. Henriques, LNEC 1991

“Relatório de Inspeção da Igreja do Póculo”, Aníbal Costa, António Arêde, Cristina Costa – FEUP 2000

“Análise do Comportamento e Reparação/Reforço Estrutural de Monumentos” Relatório de Seminário de Investigação do Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Cristina Costa – FEUP 2000
Arquivos da DGEMN