

REFORÇO ESTRUTURAL DA ABÓBADA DA NAVE DA IGREJA DE SANTA MARTA EM LISBOA

Filipe Dourado

S&P – Clever Reinforcement Ibérica

O mosteiro de Santa Marta, Mosteiro das Religiosas Franciscanas Clarissas, foi fundado em 1612 no local onde existiu um antigo recolhimento de pobres, datado de 1583. O edifício foi adaptado às novas funções conventuais, sobressaindo no seu conjunto o claustro, a casa do capítulo e a igreja, com obras de azulejaria datadas dos séculos XVII e XVIII. O claustro maneirista é constituído por seis arcos de volta perfeita.

A abóbada central é constituída por alvenaria de tijolo cerâmico argamassada com ligante de cal, e apresenta espessura na ordem de 28 cm, um vão de 10 m, descarregando sobre paredes de alvenaria de pedra irregular. Foi desenvolvido um estudo e inspeção realizada pela empresa Oz, Lda., para analisar o estado de conservação estrutural da abóbada, uma vez que esta apresenta algumas deformações e fendas longitudinais importantes, quer na parte central quer nos apoios. Considerou-se que a generalidade das fendas tinha origem essencialmente na deformação excessiva, estimando-se que o abatimento da abóbada

a meio tenha atingido os 11 cm. Conclui-se também que esta deformação da abóbada estaria relacionada com os desvios das paredes de suporte que, em alguns casos, teriam cerca de 10 cm.

Para a avaliação da abóbada recorreu-se a modelos de cálculo simples, através de análise de elementos de barra representativos da estrutura existente e a pressupostos de deformação da estrutura em consonância com os registos efetuados [Figuras 1 e 2].

Constatou-se que a abóbada, no seu estado de deformação, apresentava condições de segurança bastante inferiores às que teria com a sua geometria original, com secções parcialmente descomprimidas, causa das fissuras aparentes, e consequente aumento de tensões de compressão na alvenaria. Estimou-se que a variação dos momentos devido à excentricidade originada pela destabilização da estrutura, com base nos modelos aplicados, se traduziu num aumento de mais de 4 vezes em relação ao momento inicial. Com base nesta análise tornou-se evidente a necessidade urgente de

intervenção (Figura 3).

O estudo sugeriu a realização do seguinte conjunto de ações:

1. Desmonte e reconstituição da abóbada com a geometria original;
2. Introdução de uma estrutura de suspensão da abóbada, no seu extradorso, apoiada nas paredes exteriores;
3. Reforço da abóbada à flexão.

Tomando em consideração critérios de intrusividade e o custo das duas primeiras ações, optou-se por propor uma solução de reforço com malha de fibra de carbono da S&P ARMO-mesh® L200, integrada numa matriz de argamassa de cal hidráulica, S&P ARMO-mur® ancorada mecanicamente, capaz de resistir aos momentos flectores atuantes através de um biela de tração/compressão.

Para detalhar e justificar este reforço, foi pedido à empresa Civitest que, com base nos elementos de análise e inspeção do trabalho da Oz e na experiência de realização de ensaios de desempenho efetuados a estes sistemas de



Figura 1 > Modelo de cálculo da abóbada indeformada.



Figura 2 > Modelo de cálculo da abóbada deformada.

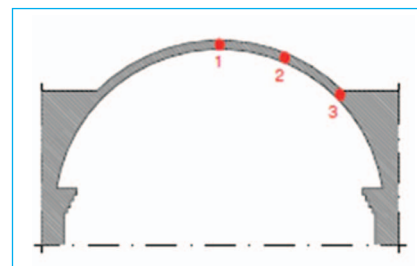


Figura 3 > Secções críticas da abóbada em estudo.

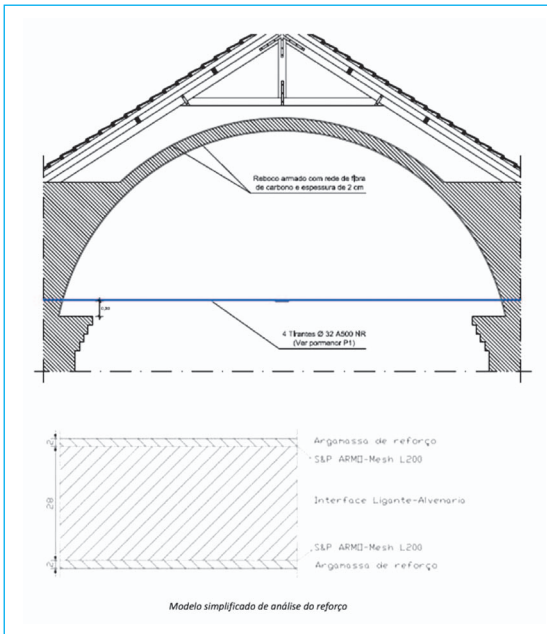


Figura 4 > Solução de reforço aplicada.

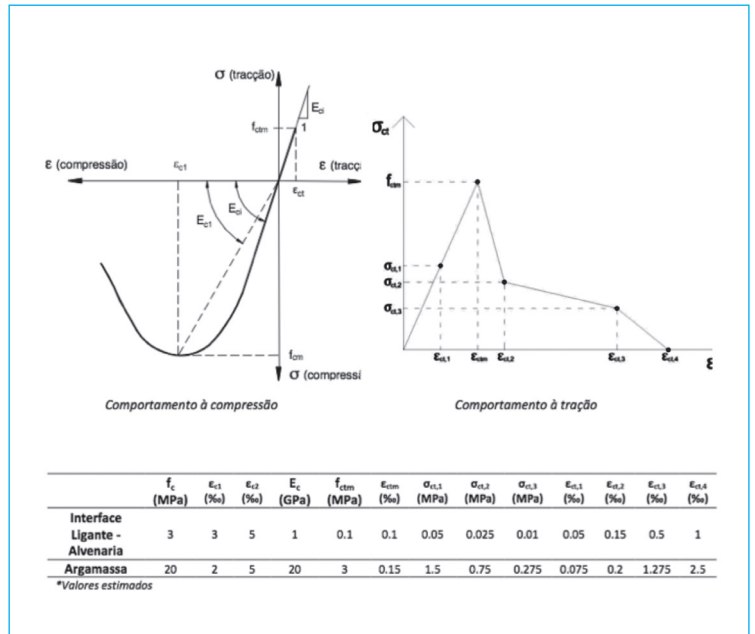


Figura 5 > Comportamento dos materiais.

reforço aplicados a estruturas de alvenarias e a modelos, realizasse proposta com esta solução de reforço com o S&P Sistema-ARMO®.

Ao arco de alvenaria esquematizado na Figura 4 foi aplicada uma solução de reforço com uma camada de 2 cm de argamassa em ambas as faces com malha de fibra de carbono S&P Armo-mesh® L 200. Considerando que as fendas se propagam no interface do ligante de cal e alvenaria em tijolo cerâmico que constitui o arco, analisou-se o modelo de reforço.

Foram tidas em conta as leis constitutivas de comportamento dos materiais para os estados de tensão-extensão e limites máximos, bem como as características dos materiais e comportamento de aderência das interfaces de ligação, conforme indicado na Figura 5.

Consideraram-se as características do fornecedor do sistema conforme quadro seguinte:

	γ (g/cm ³)	ϕ (mm)	A (mm ² /m)	f_u (Mpa)	F1.75% (kN/m)
S&P ARMO-Mesh L200	1,7	0,047	47	4300	200

Recorrendo-se a um programa de cálculo de secções planas, com a geometria descrita e as propriedades dos materiais considerados, limitando a extensão da malha de rede de fibra de carbono a 40 % da sua extensão máxima, o que corresponde a um extensão máxima de 7‰ e uma curvatura de 2,5^{-0,2} m⁻¹, obtém-se o diagrama de momento–curvatura apresentado na Figura 6.

Da análise do diagrama conclui-se que com o reforço considerado, o arco de alvenaria consegue suportar um momento ate 18,5 kN.m/m até ocorrer a fissuração da argamassa e do ligante de cal, valor a partir do qual apenas a

rede de fibra de carbono funciona como elemento resistente à tração. Para a curvatura considerada e a extensão de cálculo limite da malha, o momento resistente máximo é de 23,2 kN.m/m, considerado suficiente para o novo estado de tensões geradas pela destabilização da estrutura. Como segurança adicional foram colocadas ancoragens pontuais, de forma a promover a ancoragem mecânica das lâminas de reforço através de pregagens em aço inox, para assegurar a transmissão dos esforços da estrutura para a malha. A obra foi executada pela empresa Monumenta no ano de 2015. ■

REFERÊNCIAS

- [1] Fichas técnicas das S&P Clever Reinforcement Ibérica, Lda.
- [2] Relatório Técnico da OZ, Lda., processo nº 1332/01
- [3] Nota Técnica da Civitest

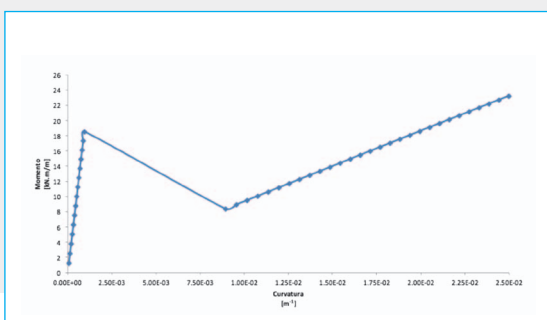


Figura 6 > Diagrama Momento-Curvatura.

