

**IGREJA DE
NOSSA SENHORA
DA CONCEIÇÃO** machico



Região Autónoma
da Madeira
Governo Regional

Secretaria Regional
do Turismo e Cultura
Direção Regional da Cultura

A reabilitação estrutural das abóbadas das capelas de São João e do Espírito Santo da igreja da Nossa Senhora da Conceição no Machico

ANTÓNIO SOUSA GAGO
RICARDO FERREIRA

CERIS – Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade
FUNDEC – Associação para a Formação e Desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitectura
IST, UL – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Introdução

O estado de conservação e de robustez estrutural das abóbadas das capelas de São João e do Espírito Santo da igreja da Nossa Senhora da Conceição no Machico, Madeira, eram, desde há muito, uma preocupação das autoridades da Região Autónoma da Madeira, em particular da Direção Regional da Cultura e da Direção de Serviços de Museus e Património Cultural do Governo Regional da Madeira.

De acordo com elementos recolhidos (relatório da DRAC – Direção Regional dos Assuntos Culturais de 31 maio de 2005), a abóbada da Capela do Espírito Santo apresentava, em 2003, destacamentos de cantarias do teto e conseqüente queda de argamassas e de fragmentos de cantaria: “Em 2003, a DRAC foi alertada pelo Sr. Padre Martinho do destacamento de cantarias do tecto da Capela do Espírito Santo e conseqüente queda de argamassas e fragmentos de cantaria. A DRAC efetuou uma visita ao local e solicitou um parecer técnico ao LREC, que elaborou um relatório, ainda 2003.” Posteriormente, “foram efectuadas sondagens às coberturas, tendo sido retirada a carga das abóbadas e montados andaimes e escorados os tetos das respetivas capelas que, desde então, se encontram encerradas ao público”. Ainda de acordo com o relatório da DRAC, em maio de 2005 constatou-se que “a situação observada é preocupante, exigindo uma intervenção urgente. Verificou-se o agravamento das fendas existentes, o aparecimento de novas fissuras nas duas Capelas e nas paredes exteriores da fachada Norte e o destacamento de várias pedras de cantaria das nervuras dos tectos das Capelas”.

Em 2007, na primeira visita realizada pela equipa do CERIS/FUNDEC/IST, as abóbadas apresentavam-se muito instáveis e descomprimidas, encontrando-se escoradas de forma precária através de um esquema de extensores apoiados em plataformas elevadas (fig. 54). As duas abóbadas apresentavam deslocamentos de magnitude significativa, com extensa fissuração nas suas superfícies e nos contactos com as nervuras (fig. 55). Do ponto de vista estrutural, receava-se que as abóbadas colapsassem, caso se removessem os sistemas de escoramento sem prévia consolidação das abóbadas. Não obstante a preocupação e o estado das abóbadas, não foi possível qualquer intervenção nos dez anos seguintes.

Em 2017, os danos que se visualizavam nas abóbadas eram semelhantes aos identificados e registados em 2007, confirmando que os sistemas de escoramento, embora precários, evitaram



54. Sistema de escoramento provisório, antes da intervenção, da capela do Espírito Santo (em cima) e da capela de São João (em baixo).



o agravamento dos danos e o colapso das estruturas. É de salientar que a não-evolução dos danos não significava a estabilidade do processo de dano, pois nesse período as abóbadas estiveram apoiadas nos sistemas de escoramento e não nas paredes periféricas.

O presente artigo tem como objetivo transmitir os princípios de conceção da intervenção de reabilitação estrutural realizada no ano de 2017, de forma a que fique devidamente registado o processo de intervenção, possibilitando, se necessário, futuras análises e eventuais correções.

55. Fissuras e deslocamentos, antes da intervenção, da capela do Espírito Santo (em cima) e da capela de São João (em baixo).



Diagnóstico

Tendo em conta as descrições nos relatórios e o observável *in situ*, é provável que a situação tenha tido origem em movimentos (deslocamentos ou rotações) das paredes que apoiam a abóbada, os quais provocaram o aumento do vão das abóbadas e, conseqüentemente, a sua instabilização. Posteriormente à identificação dos primeiros danos, terá ocorrido, de acordo com o relatório de 2005, uma intervenção onde se optou por retirar o “carrego” das abóbadas, com vista a diminuir o carregamento das mesmas (figs. 56 e 57). Como descrito nesse relatório, a operação de remoção do “carrego” agravou os problemas e conduziu à completa instabilização das abóbadas. De facto, as estruturas arqueadas, sejam elas arcos, abóbadas ou cúpulas, necessitam de um determinado nível de enchimento do seu extradorso (tradicionalmente designado por “carrego”), sem o qual essas estruturas se tornam instáveis (Gago *et al*, 2011). Esta necessidade e os efeitos benéficos dos “carregos” nem sempre são devidamente compreendidos pelos engenheiros e arquitetos de hoje, habituados a estruturas reticuladas (viga-pilar), em betão armado e aço estrutural, em que as cargas são, na grande maioria dos casos, prejudiciais ao desempenho das estruturas.

Assim, mesmo não sendo possível identificar a causa dos primeiros danos nas abóbadas das capelas, havia que intervir no sentido de repor nas abóbadas níveis de estabilidade adequados. Desejavelmente, a intervenção deveria, também, incluir medidas que contrariassem as possíveis causas dos danos originais, mesmo que não fossem identificáveis na fase de projeto.

Como referido, os danos originais poderão ter resultado de movimentos das paredes de apoio das abóbadas, em virtude de alterações nas próprias paredes (por exemplo, devido à fluência e/ou à degradação dos materiais), de assentamentos das suas fundações ou de movimentos sísmicos*. No entanto, há que referir que o soco em pedra que reveste a base da parede Norte dessas capelas não apresenta desníveis nem desaprumos significativos, pelo que a hipótese de assentamento de fundação dessa parede é questionável. A única anomalia relevante na estrutura vizinha às abóbadas é uma deformação relativamente significativa da parede da nave que suporta as abóbadas (fig. 58). É discutível se esta deformação terá sido a causa das anomalias originais, mas é recomendável acompanhar a sua evolução e prever na intervenção de reabilitação

estrutural medidas que equilibrem os impulsos horizontais transmitidos pelas abóbadas a essa parede.

Pelo exposto, considerou-se não ser adequado, pelo menos nesta fase, a realização de operações de reforço das fundações, por exemplo através de recalçamentos e/ou de microestacas, que iriam encarecer significativamente a intervenção e cuja eficácia no presente caso seria discutível. De modo a evitar uma futura abertura do vão das abóbadas, previu-se na solução de reforço a ligação das paredes ortogonais das capelas através de tirantes metálicos, incluindo a ligação da parede da nave que apresenta deformações, ao sistema de contrafortes da parede Norte (fig. 59).

* Não obstante a ilha da Madeira ser considerada uma zona de baixo risco sísmico, há registo de sismos de pequena intensidade que terão causado danos em construções antigas. De referir, por exemplo, o sismo de magnitude 3,5 ocorrido na madrugada do dia 12 de janeiro de 2006, com epicentro localizado a cerca de 66 quilómetros a sul de Porto Santo. O sismo foi sentido na região do Funchal com intensidade máxima II-III na escala de Mercalli modificada.



56. Vistas do extradorso das abóbadas da capela do Espírito Santo, antes da intervenção (em cima) e após limpeza das argamassas desagregadas (em baixo).





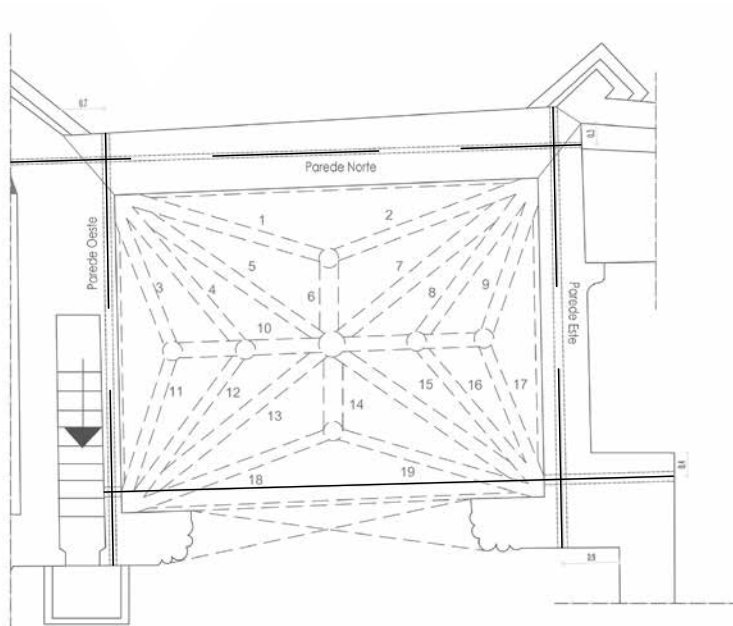
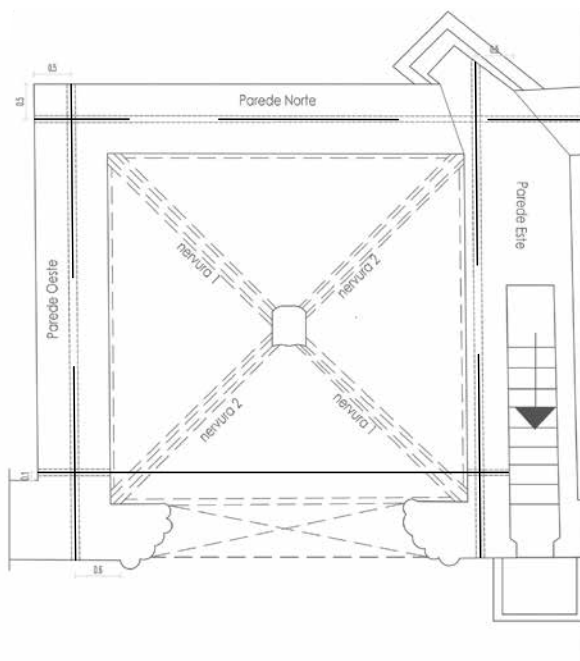
57. Vistas do extradorso das abóbadas da capela de São João, antes da intervenção (em cima) e após limpeza das argamassas desagregadas (em baixo).



58. Deformação da parede
Norte da nave da igreja de
Nossa Senhora da Conceição.



59. Localização dos tirantes de "amarração" dos apoios das abóbadas, da capela de Espírito Santo (em cima) e da capela de São João (em baixo).



Intervenção

Em intervenções deste tipo e se o estado inicial representar uma conjuntura estável, o princípio geral deve ser o da reposição da situação original. No presente caso, essa estratégia resumir-se-ia a restabelecer a geometria original das abóbadas e das suas aduelas e a repor os enchimentos removidos. No entanto, os danos existentes e as suas possíveis causas exigiram outro tipo de intervenção, nomeadamente a fixação dos elementos de pedra soltos e deslocados, o reforço das abóbadas e a aplicação de tirantes nas paredes periféricas.

Verificou-se, também, que a estrutura de apoio das coberturas, em madeira, se encontrava degradada e com elementos apoiados diretamente sobre as abóbadas (figs. 56 e 57), o que contribuiu, certamente, para o mau desempenho estrutural das abóbadas. Essa constatação obrigou à conceção e execução duma estrutura para a cobertura, em aço estrutural, desligando totalmente a cobertura das abóbadas.

Do ponto de vista estrutural, a intervenção nas abóbadas consistiu, genericamente, em cinco fases:

1. Consolidação e reforço dos sistemas de escoramento e remoção das coberturas das capelas

Os sistemas de escoramento eram precários e as plataformas de apoio apresentavam-se em mau estado de conservação, obrigando à sua consolidação e reforço. Por outro lado, para que fosse possível intervir e reposicionar os elementos deslocados, houve que reconstruir todo o sistema de suporte das aduelas das abóbadas.

2. Reposicionamento dos elementos de cantaria das abóbadas

Consolidados os escoramentos e tendo em conta que os enchimentos no extradorso tinham sido praticamente removidos, encontrando-se as abóbadas praticamente descomprimidas, foi possível reposicionar as aduelas em cantaria das nervuras das duas abóbadas e as lajetas em pedra, no caso da abóbada da capela do Espírito Santo (figs. 60 e 61). Constatou-se, também, que da remoção dos enchimentos dos extradorsos das abóbadas resultou a desagregação das argamassas dos “carregos”, tendo sido necessário, no caso da capela do Espírito Santo, a introdução de elementos de pedra novos para comprimir devidamente as nervuras e as lajetas de pedra (fig. 62). Nos casos em que esses elementos pétreos se

encontravam mais soltos, fixaram-se varões metálicos em aço inoxidável, entre elementos (fig. 62), para evitar a sua movimentação durante a fase de enchimento do extradorso com argamassa. Foram colocados, ainda, elementos em aço inoxidável na direção perpendicular à superfície das abóbadas, de modo a promover a ligação dessa superfície à camada de enchimento que se colocaria por cima das abóbadas (figs. 63 e 64). Em virtude da fratura de alguns “dentes” de ligação de algumas aduelas, procedeu-se, ainda, ao reforço com chapas metálicas das aduelas das nervuras nas duas abóbadas (fig. 61). É de referir que, no caso da abóbada da capela de S. João, a descarga de um apoio da cobertura na abóbada causou uma rotura local junto de uma das aduelas. A lacuna resultante desse esmagamento foi preenchida, a aduela foi reposicionada e foram aplicados elementos metálicos em aço inoxidável (fig. 64).

3. Reforço do extradorso das abóbadas através da aplicação de malha em fibra de vidro e de camada de argamassa

Após o reposicionamento dos elementos das abóbadas (devidamente comprimidos) e da instalação dos elementos metálicos de reforço, da limpeza e aspiração das superfícies das abóbadas, foi aplicada uma primeira camada de argamassa do tipo Armo-Crete, com cerca de 2,5 cm. Posteriormente, foi aplicada uma rede de reforço em fibra de carbono do tipo Armo-Mesh e, finalmente, uma nova camada de argamassa, com cerca de 8 cm (fig. 66). É interessante referir que, tendo sido necessário consolidar os “carregos”, foram escavadas algumas zonas do “carrego” original, tendo-se encontrado, no caso da abóbada da capela do Espírito Santo, elementos cerâmicos ocultos que tinham sido colocados com o objetivo de reduzir a quantidade de material na execução do “carrego” (fig. 65). Como originalmente, prescreveu-se que, junto das esquinas das paredes, fosse aplicada sobre a última camada de argamassa um “carrego” em argamassa corrente de cal e areia.

É de notar, ainda, que as fissuras nas abóbadas e nas paredes que as apoiam foram totalmente injetadas com caldas pré-misturadas de cal pozolânica, sem cimento, com baixo grau de sais hidrossolúveis, com granulometria fina, elevada fluidez e trabalhabilidade, colmatando-se todas as fissuras visíveis. No caso da parede Este da capela do Espírito Santo, foi aplicada uma quantidade de calda de injeção relativamente elevada, revelando que a mesma apresentava uma significativa quantidade de vazios.

4. Execução de furações nas paredes e aplicação de tirantes metálicos

Em simultâneo com a fase anterior, foram executadas as furações das paredes para a colocação dos tirantes metálicos em aço inoxidável (figs. 59 e 68). Estes foram ligados a chapas de ancoragem e, após a aplicação de uma ligeira tensão, as furações foram injetadas com caldas do tipo Sika Grout.

5. Execução da nova estrutura para apoio da cobertura das abóbadas

Concluída a intervenção nas abóbadas, houve que realizar uma estrutura para apoio das coberturas das mesmas. Para tal, concebeu-se uma estrutura em aço exclusivamente apoiada nas paredes limítrofes das capelas, de forma a libertar das abóbadas as cargas pontuais que lhes estavam aplicadas (fig. 69).

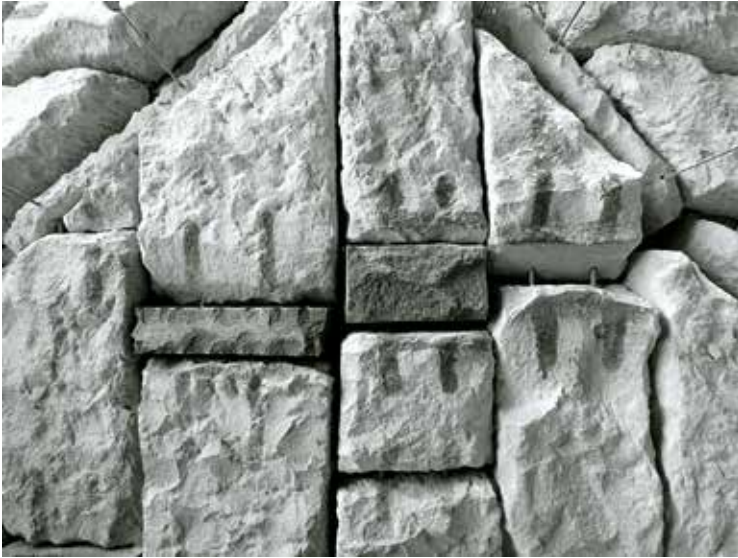
As fases correspondentes ao restauro arquitetónico e artístico, nomeadamente as reparações e os acabamentos das superfícies, não são descritas neste documento.

60. Aduelas deslocadas nas nervuras da capela do Espírito Santo.

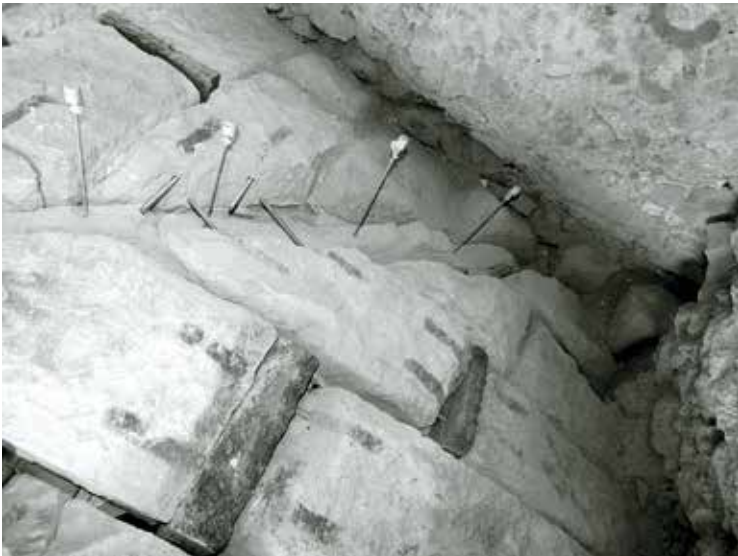


61. Fixação de aduelas deslocadas da capela do Espírito Santo.



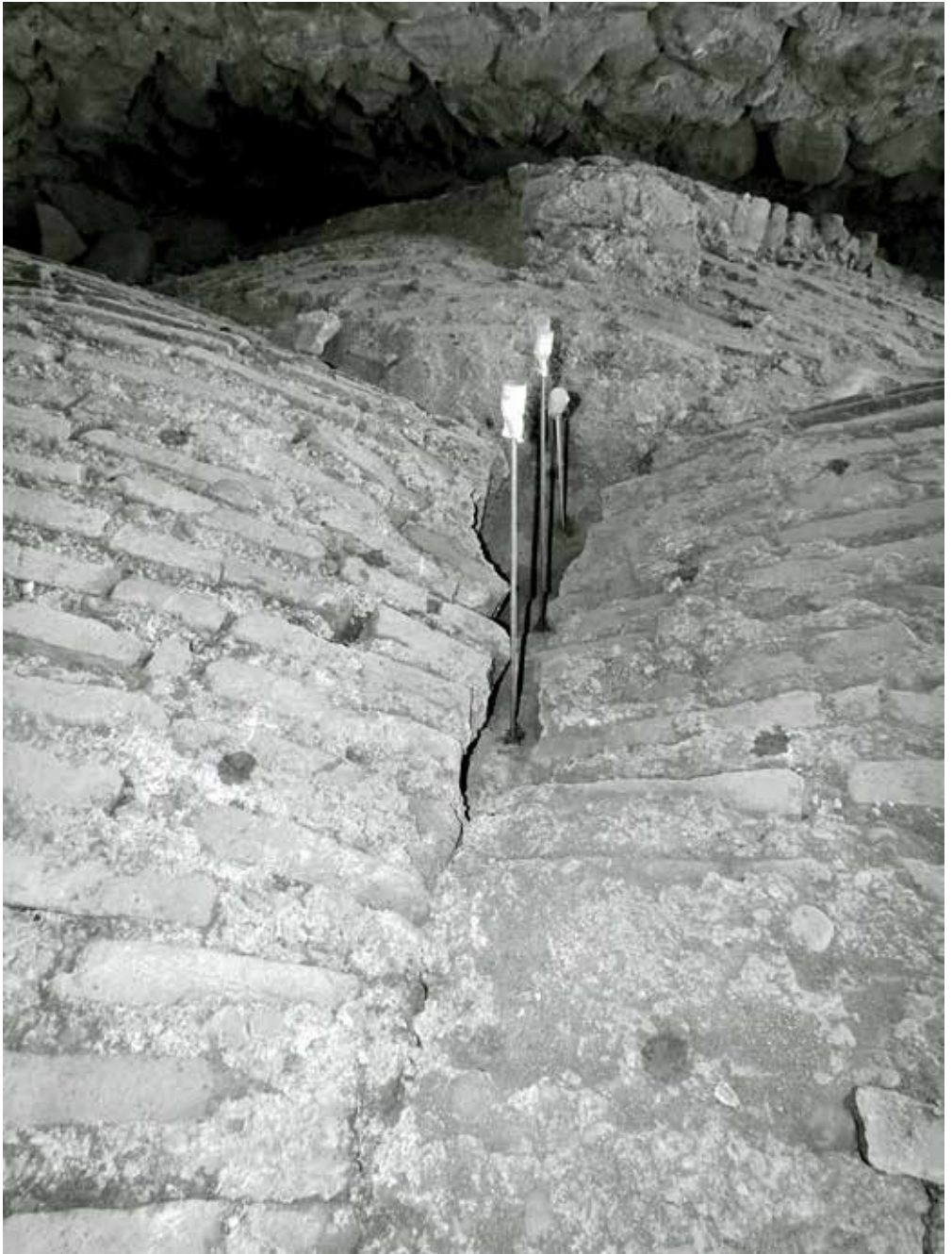


62. Colocação de novos elementos de pedra e varões de fixação – capela do Espírito Santo.



63. Elementos metálicos em aço inoxidável de estabilização de aduelas – capela do Espírito Santo.

64. Elementos metálicos em aço inoxidável de estabilização de aduelas em aço inoxidável de estabilização de aduelas – capela de São João.





65. Injeção de caldas nas paredes das capelas.



66. Camada de argamassa e malha de fibra de carbono no extradorso da abóbada da capela do Espírito Santo.



67. Elementos cerâmicos encontrados no enchimento da abóbada da capela do Espírito Santo.



68. Furações para colocação de sistema de ancoragem de tirantes.



69. Estrutura do novo revestimento de abóbada da capela de São João.

Conclusão

De acordo com as correntes mais atuais em intervenções estruturais em edifícios com valor patrimonial, procurou-se nesta intervenção ser relativamente minimalista e pouco interventivo, recuperando o funcionamento estrutural das abóbadas em vez de alterar completamente a sua natureza.

Nesse sentido, mais do que por uma questão de economia, procurou-se nesta intervenção eliminar as deficiências evidentes e as suas causas e prevenir algumas situações que se imagina poderem ter causado as anomalias originais. Acredita-se que a inclusão dos tirantes metálicos, sendo uma intervenção pouco intrusiva, condicionará o futuro aparecimento de danos nas abóbadas. Outras possibilidades não tão evidentes e que exigiriam ações muito interventivas e não reversíveis, como por exemplo o reforço das fundações, não foram consideradas nesta fase, devendo haver acompanhamento e monitorização da construção nos anos vindouros. Eventuais ações a tomar no futuro dependerão dos resultados do procedimento de monitorização e acompanhamento. Em qualquer caso, a atual consolidação era absolutamente necessária e não condicionará qualquer medida adicional que, no futuro, se venha a verificar necessária.

Não obstante as cautelas referidas, acredita-se que as abóbadas apresentam, após a atual intervenção, níveis de segurança estrutural adequados.

Por fim, refira-se que, dada a natureza da construção, o sistema estrutural e o seu grau de instabilidade, o processo e o faseamento da intervenção eram importantes para o sucesso da reabilitação estrutural, pelo que o acompanhamento da fase de obra pela equipa de projeto se revelou determinante.

Agradecimentos

Os autores agradecem a importante ajuda da Senhora Arquiteta Ana Filipa Abrantes em todas as fases do projeto e do acompanhamento da obra. O seu envolvimento foi essencial para o lançamento e o sucesso da intervenção.

Os autores agradecem, também, o apoio da equipa de obra, nomeadamente ao Senhor Engenheiro Ricardo Marques (diretor de obra) e à Senhora Engenheira Maria Virgínia Santos (fiscalização), que contribuíram para as necessárias adaptações durante a execução dos trabalhos.

A disponibilidade e o interesse do Senhor Cônego Manuel Martins são igualmente reconhecidos pelos autores.