

Fundações em Edifícios Antigos

Diagnóstico e concepção de soluções de reforço

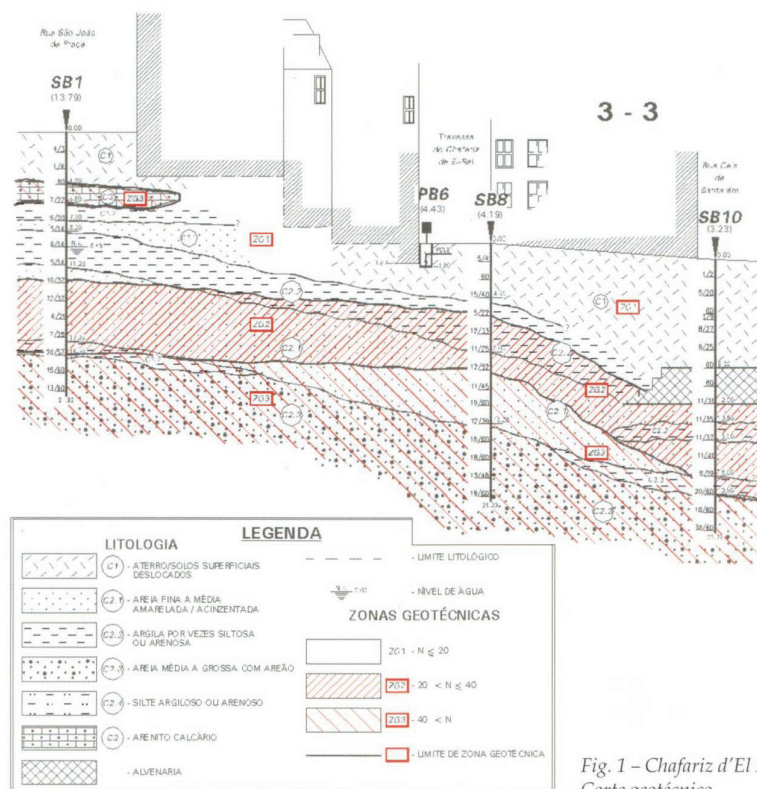


Fig. 1 – Chafariz d'El Rei, Alfama. Corte geotécnico



Fig. 2 – Chafariz d'El Rei, Alfama. Edifícios vizinhos

As intervenções de conservação e de reabilitação do património edificado implicam um conhecimento profundo das soluções construtivas, das características dos materiais empregues, dos terrenos de fundação e da compreensão dos mecanismos de deterioração.

INTRODUÇÃO

As causas mais frequentes para a ocorrência de fendilhação em estruturas de alvenaria são os movimentos de fundação. A construção de edifícios sobre formações pouco competentes do ponto de vista geomecânico e a ausência de tecnologia adequada implicaram a adopção de soluções de fundação ligeiradas e improvisadas, que em alguns casos conduziram a um deficiente comportamento estrutural.

A concepção da solução de reabilitação de construções de alvenaria com deficiências de comportamento de fundações, deverá ser precedida da realização de campanhas de prospecção geotécnica, tendo por objectivo a sua caracterização estrutural/construtiva e a avaliação das condições de segurança das construções.

Apresenta-se, sumariamente, a metodologia adoptada em intervenções de reabilitação de fundações de edifícios antigos, ilustrando com alguns casos práticos de inspecção estrutural, diagnóstico e concepção de soluções de reforço de fundações.

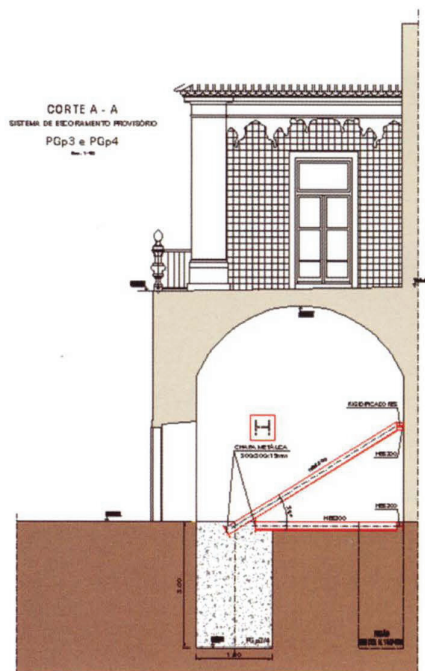


Fig. 3 – Palácio dos Condes da Lousã, Damaia. Escoramento da parede de suporte de terras interior

TÉCNICAS DE INSPECÇÃO E DIAGNÓSTICO

A análise do comportamento estrutural e funcional de uma construção em alvenaria requer uma adequada inspecção prévia do local, com o objectivo de caracterizar a estrutura e respectivas condições de funcionamento, na qual são identificadas as principais anomalias visíveis.

Com base nos elementos recolhidos desenvolve-se um diagnóstico preliminar, que poderá incluir varias hipóteses causa-efeito, com base no qual se elabora um plano de inspecção estrutural, com o objectivo de confirmar ou não as hipóteses colocadas no diagnóstico preliminar.

Levantamento estrutural

Definição geométrica da construção existente, recorrendo a elementos existentes complementados por levantamentos topográficos ou fotogramétricos. O levantamento topográfico permite ainda detectar eventuais desaprumos das paredes.

Levantamento de anomalias

As anomalias observadas são localizadas em peças desenhadas - Mapeamento de Anomalia - e descritas no relatório de inspecção, sendo acompanhadas de nota descritiva e de suporte fotográfico.

É realizado um levantamento dos locais em que ocorram fissuras nos elementos estruturais, com medição de aberturas e da respectiva extensão, sendo efectuado o registo em ficha, assinando o local do início e fim da mesma e a sua abertura.

Prospecção geotécnica

Sempre que existam suspeitas de deficiente comportamento das fundações, deverá optar-se pela realização de uma campanha de prospecção geotécnica, com o objectivo de caracterizar as condições de fundação da estrutura.

Para a determinação das características dos solos interessados, realizam-se sondagens de reconhecimento que permitem obter um perfil geotécnico. Ao longo das furações são executados en-

saio de penetração dinâmica com sonda normalizada SPT - Terzaghi.

No interior da construção, poderá optar-se pela execução de poços de prospecção escavados manualmente e entivados, para definição dos terrenos atravessados e caracterização das fundações dos elementos estruturais. Na base desses poços são muitas vezes executados ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro (PDL).

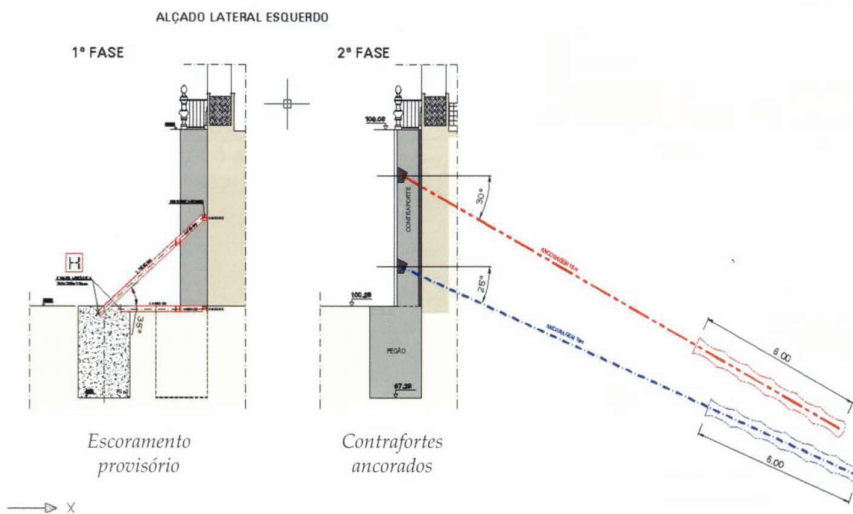
Ensaio com macacos planos (*in situ*)

Trata-se de uma técnica inicialmente desenvolvida para a caracterização de maciços rochosos, com o objectivo de conhecer o estado de tensão a que estes se encontram sujeitos e que foi adaptado para as construções em alvenaria, com o objectivo de determinar as tensões de compressão instaladas.

Consiste na abertura de um rasgo superficial, no qual é colocado um macaco plano, por intermédio do qual se aplica uma pressão uniforme contra as paredes da ranhura por forma a anular as deformações ocorridas na vizi-



Fig. 4 – Palácio dos Condes da Lousã. Reforço do muro de suporte exterior. Escoramento provisório



nhança do rasgo, devido à abertura. A pressão de restituição é tomada como a tensão normal que actua nas superfícies paralelas ao plano do rasgo.

Ensaio de compressão (laboratorial)

Para a determinação da resistência à compressão simples das alvenarias, pode optar-se por realizar ensaios de

compressão sobre amostras de alvenaria com uma constituição – pedra/argamassa – representativa da estrutura. As amostras de alvenaria são retiradas por carotagem da estrutura. Nem sempre é possível realizar estes ensaios, nomeadamente nas situações em que não é possível recolher amostras “intactas” da alvenaria.

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE CONSTRUÇÕES DE ALVENARIA

O reforço de estruturas de alvenaria tem por objectivo a preservação de construções, muitas vezes com elevado valor histórico e patrimonial, melhorando o seu comportamento face às acções estáticas e dinâmicas a que irão estar sujeitas.

A reabilitação de uma construção ancestral deve privilegiar a utilização de técnicas e materiais tradicionais, similares e/ou compatíveis com as utilizadas na estrutura original. No entanto, as exigências estruturais nem sempre são compatíveis com a capacidade resistente dessas disposições construtivas, pelo que se torna necessário recorrer a tecnologias diferentes das originais.

Estruturas do Chafariz d'El Rei e edifícios vizinhos, em Alfama – Inspeção estrutural e reconhecimento geotécnico

Por solicitação do gabinete A2P, com o objectivo de averiguar os problemas de fundações verificados na Cisterna do Chafariz d'El Rei e edifícios vizinhos, procedeu-se a uma campanha alargada de sondagens, poços de reconhecimento das fundações e à instalação de calhas inclinométricas e de fissurómetros, para avaliar a evolução do fenómeno.

Para a caracterização geotécnica dos terrenos de fundação foram realizadas 13 sondagens de prospecção geotécnica, com profundidades variáveis de 16.0m a 29.0m, acompanhados da realização de ensaios de penetração dinâmica (SPT).

O reconhecimento revelou a ocorrência de formações miocénicas mais descomprimidas do que em regra se encontra para este tipo de formações noutras partes da cidade, o que poderá estar relacionado com o facto de se tratar de uma zona de vertente. Verificou-se ainda a existência de uma importante



Maciço de encabeçamento das microestacas



Execução da furação das microestacas

MACIÇOS M1, M2 E M3

CORTE TIPO

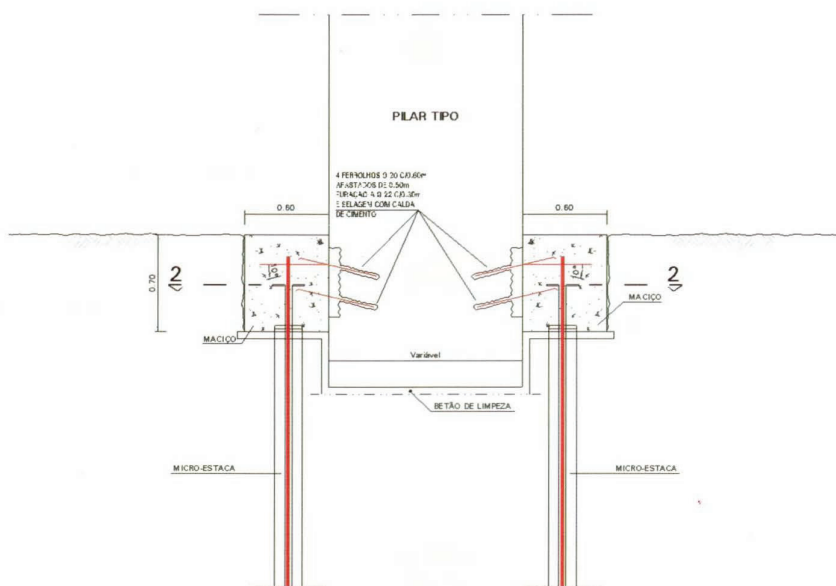


Fig. 5 - Pilares da Praça do Giraldo, Évora

faixa do maciço que apresenta compacidade anormalmente baixa, o que parece estar associado a características especiais de permeabilidade e drenagem. Com o objectivo de definir as condições de fundação de alguns edifícios, foram executados poços de prospecção elípticos, escavados por processo manual e entivados com aros metálicos e pranchas de madeira. Na base dos poços, procedeu-se à realização de ensaios com penetrómetro dinâmico ligeiro. Os resultados obtidos indicam que, na maioria dos casos, as alvenarias dos ca-

boucos são de qualidade inferior às da parede que suportam e encontram-se apoiados em terrenos com fracas características resistentes e eventualmente até aterros (fig. 1).

Palácio dos Condes da Lousã, na Damaia - reforço estrutural das estruturas de suporte de terras

Atendendo às condições de estabilidade precária em que parede e o muro de suporte existente se encontravam, optou-se por proceder a uma primeira intervenção de escoramento provisório,

nas zonas em que se verificam as maiores deformações, de forma a possibilitar a execução dos trabalhos em condições de segurança (fig. 3).

Pelo mesmo motivo optou-se ainda por substituir a solução de reforço de fundações, que inicialmente estava prevista com microestacas, por pegões executados por escavação manual entivada, para evitar a introdução de vibrações no terreno.

No muro de suporte exterior, a solução adoptada consistiu no reforço através da execução de um revestimento geral com betão projectado, armado com malhasol, com uma espessura total de 0.10m, sendo a estabilidade face a acções horizontais assegurada por ancoragens pré-esforçadas dispostas em dois níveis, aplicadas sobre contrafortes em betão armado com 0.5m x 0.8m, afastados de 4.0m (fig. 4).

Na parede de suporte de terras interior, a solução adoptada consistiu na execução de um revestimento geral com argamassa de cal, armada com malha de fibra de vidro, com uma espessura total de 0.10m, sendo a estabilidade face a acções horizontais assegurada por um nível de ancoragens pré-esforçadas, aplicadas sobre perfis verticais HEB200 (2 perfis por ancoragem).

Em ambas as soluções de reforço, para a fundação dos contrafortes em betão armado e dos perfis metálicos verticais, foram adoptados pegões em betão armado, com secção elíptica de 1.90m x 1.10m e 3m de profundidade.

Pilares da Arcada da Praça do Giraldo, em Évora - reforço de fundações

A intervenção consistiu no reforço de fundação de pilares da arcada da Praça do Giraldo, que sofreram assentamentos de fundações motivados pela precariedade das características mecânicas dos solos e por escavações efectuadas na proximidade, para colocação de instalações técnicas enterradas.

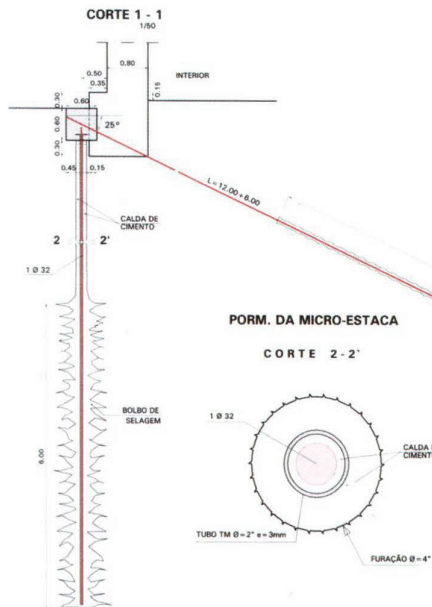


Fig. 6 – Ermida de S. Miguel, Buçaco. Reforço de fundações com microestacas e ancoragens. Furação para execução das microestacas

Para o reforço de fundações dos pilares, optou-se pela execução de quatro microestacas injectadas a alta pressão. As microestacas encontram-se ligadas através de um maciço de encabeçamento em betão armado que “abraça” o pilar ao nível da fundação, sendo a solidarização entre os dois elementos estruturais assegurada por conectores.

Ermida de S. Miguel no Buçaco – reforço de fundações

Trata-se de uma construção em alvenaria de pedra localizada em zona plana, próxima de um talude de grande inclinação contido por um muro de suporte, localizado no pé do talude.

O muro de suporte colapsou parcialmente, dando origem ao abatimento dos terrenos por ele contidos, provocando assentamentos significativos das fundações das paredes, que se encontravam muito fendilhadas e com uma situação de desmoronamento localizado.

A solução adoptada consistiu no reforço das fundações das paredes atra-



vés de micro-estacas, distribuídas ao longo do perímetro do edifício e solidarizadas às paredes, para permitir a transmissão de cargas, por via indirecta, a camadas de solo com maior capacidade resistente.

Para contrariar o efeito dos impulsos instabilizantes, gerados pela existência de um talude de grande inclinação na proximidade do edifício, optou-se pela execução de ancoragens definitivas pré-esforçadas, com uma inclinação variável de 25° a 30° (fig. 6).

Para transmissão das cargas do edifício às microestacas e distribuição do esforço das ancoragens, foi efectuada um maciço de encabeçamento em betão armado enterrado, em todo o perímetro do edifício, solidarizado às paredes através de conectores.

Colocação de microestacas em carga

Num edifício em Lisboa procedeu-se ao reforço de fundações com microestacas efectuadas através das sapatas existentes, seguindo-se as operações de colocação dos novos elementos de fun-



Fig. 7 – Estrutura metálica para colocação das microestacas em carga

dação em carga e a solidarização às sapatas existentes.

A colocação das microestacas em carga foi conseguida pela acção combinada de macacos hidráulicos de reacção invertida, contra a estrutura do 1.º piso junto ao topo do pilar (fig. 7).

Para garantir a uniformização de cargas, foi prevista a colocação de um macaco hidráulico sobre cada uma das microestacas. A carga total a aplicar foi equivalente à reacção total do pilar à data da intervenção.

As operações de transferência de cargas introduzem alterações no estado de tensões da estrutura, podendo originar o aparecimento de fissuração, pelo que a aplicação de carga foi efectuada de uma forma incremental e com monitorização contínua da estrutura.

RITA MOURA, Engenheira Civil,
Directora de Projecto da Bel, S. A.