

# Fundações de construções históricas

## I. Avaliar sem interferir

As intervenções envolvendo as fundações de construções históricas devem respeitar exigências específicas, desde logo no que toca aos métodos de levantamento, inspecção, ensaio e observação utilizados nas fases iniciais do processo. Sem prejuízo da utilidade dos métodos deste âmbito tradicionalmente usados em geotecnia e mecânicas dos solos, aquelas intervenções requerem informação de outra natureza e são mais exigentes no que toca à intrusividade dos métodos utilizados. Apresentam-se alguns métodos complementares de levantamento, inspecção, ensaio e observação, a utilizar a montante das intervenções de reforço ou consolidação das fundações de edifícios históricos, que reúnem condições para corresponder àqueles dois requisitos.

### 1. INTRODUÇÃO

Como é sabido, as intervenções em construções existentes seguem uma metodologia muito diferente da construção nova, sobretudo no que se refere à recolha de informação que é necessário fazer, à necessidade de avaliar o estado em que a construção se encontra e diagnosticar as anomalias que ela apresenta.

Estas tarefas, que é necessário realizar a montante de um projecto, distribuem-se, normalmente, por duas fases: uma de **exame preliminar**, que inclui a recolha documental, o inquérito aos utentes, a análise da regulamentação aplicável e os ensaios preliminares; outra de **exame pormenorizado e diagnóstico**, que inclui ensaios complementares, o levantamento e caracterização da construção, da sua envolvente e anomalias apresentadas e, finalmente, a modelação do comportamento.

Dada a frequente escassez de informação sobre as fundações da construção, a determinação da geometria dos elementos de fundação e da constituição e características relevantes das formações que constituem o terreno subjacente revestem-se de grande importância. A maneira mais sim-

ples de fazer essa determinação é “abrir para ver”, ou seja, executar poços de sondagem que permitam a observação directa. A morosidade e, sobretudo, a intrusividade desta abordagem estimularam o desenvolvimento de métodos não destrutivos de inspecção, ensaio e observação, até porque, neste como noutros domínios, regra geral, quanto menos intrusivo for o método utilizado maior é a fiabilidade da informação recolhida.

A geotecnia e a mecânica dos solos estão, por inerência e tradição, familiarizadas com diversos métodos de sondagem, ensaio e observação, vocacionados, sobretudo, para a recolha da informação exigida pela promoção de novas construções e para a monitorização do comportamento de construções existentes. Assim, dentre os primeiros, para além dos diversos métodos de recolha de amostras de solo para ensaio laboratorial, referem-se os métodos de caracterização dos solos *in situ*, como os ensaios de penetração estática ou dinâmica (por exemplo, o conhecido SPT, “*standard penetration test*”), para determinar a resistência à compressão do solo, e os ensaios “*vane*”, para determinar a resistência ao corte. Estas observações, de carácter descontínuo e pontual, podem ser

completadas com outras de carácter mais integrado, como sejam os ensaios sísmicos, baseados na análise da propagação no solo de ondas elásticas criadas artificialmente. Dentre os segundos, refere-se a utilização de células de carga, capazes de acompanhar a evolução das tensões instaladas e de diversos tipos de extensómetros e inclinómetros, destinados a monitorizar, respectivamente, extensões e inclinações no interior de maciços terrosos.

### 2. INTERVENÇÕES EM FUNDAÇÕES EXISTENTES

Quando se trata de intervir nas fundações de construções existentes, a quantidade de informação necessária aumenta. Sem dispensar os métodos “tradicionais” atrás referidos, torna-se, designadamente, necessário recorrer a métodos mais sofisticados para recolher dados sobre:

- Eventual presença de alterações, descontinuidades, maciços, galerias ou instalações (tubos, cabos) no substrato, em particular de formações ou objectos com valor arqueológico (fig. 1);
- Geometria dos maciços de fundação, em particular da sua profundidade (figs. 2 e 3);

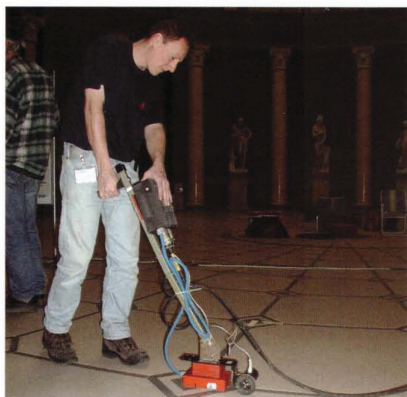
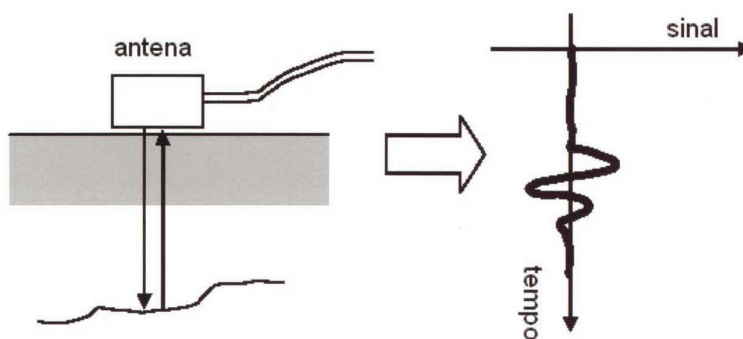


Fig. 1- O radar de penetração no solo permite a detecção de heterogeneidades – fundações antigas ou de outras formações ou objectos com valor arqueológico – analisando a forma como se reflectem as ondas electromagnéticas (Foto do projecto "Onsiteformasonry")



- Comprimento de estacas de fundação existentes;
- Qualidade de operações de reabilitação (estacas de reforço, injeções).

Paralelamente, tratando-se de bens culturais, a intrusividade tolerável nas actividades de recolha de informação reduz-se.

Os métodos complementares de inspecção e ensaio que podem ser usados na preparação de intervenções de reabilitação de fundações recorrem, fundamentalmente, à análise da propagação de ondas electromagnéticas ou de ondas elásticas no elemento e no terreno.

### 3. MÉTODOS BASEADOS NA PROPAGAÇÃO DA RADIAÇÃO ELECTROMAGNÉTICA

Como é sabido, a radiação electromagnética pode ser originada natural ou artificialmente de variadíssimas maneiras, sendo caracterizada, basicamente, pela sua frequência, comprimento de onda ou energia transportada.

A radiação que incide sobre um corpo sólido pode, em parte, atravessá-lo e, em parte, ser por ele reflectida. Num e noutro caso, as características da radiação incidente são alteradas em função das propriedades do sólido. As modalidades de propagação das ondas electromagnéticas estão estritamente ligadas às características dieléctricas dos materiais.

A tecnologia de radar usada na construção utiliza a banda de frequências dos 100 MHz aos 2 GHz, trabalhando, basicamente, na modalidade de reflexão. Ao diminuir a frequência, aumenta a penetração, mas diminui o pormenor. A investigação radarestratigráfica pertence ao grupo das metodologias denominadas prospecção geofísica. Uma antena emissora transmite, por impulsos electromagnéticos sucessivos, um feixe de radiação divergente, que é reflectido pelas interfaces existentes no interior do sólido observado com diferentes características dieléctricas. Os impulsos reflectidos são captados numa antena receptora situada junto da emissora, sendo as duas ligadas a um registador gráfico. Esta técnica permite indagar a natureza e o esta-

do de elementos localizados sob uma superfície visível. Em estruturas horizontais é possível levantar a presença de construções enterradas, cavidades, antigas fundações, estratigrafia de pavimentos, a espessura do enchimento e da parte resistente (fig. 1). Em estruturas verticais permite detectar tubagens, canalizações, estratigrafia, humidade, etc., ou, no caso das fundações, a respectiva profundidade (fig. 2). A energia é reflectida nas sucessivas interfaces. Em simultâneo com o movimento das antenas, o registador gráfico produz um registo contínuo espaço/tempo, no qual aparecem os traços das diversas reflexões, ou seja, das anomalias da resposta. Os registos efectuados são designados por secção radarestratigráfica. A interpretação é facilitada pelo tratamento das imagens obtidas, incluindo a elaboração de perfis tridimensionais.

### 4. MÉTODOS BASEADOS NA PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELÁSTICAS

Os ensaios deste grupo baseiam-se na detecção, medição ou análise das vibrações das construções, dos seus ele-

mentos, ou do terreno onde se encontram implantadas, avaliando a forma como as vibrações neles se propagam.

Dos edifícios e das formações que os suportam fazem parte elementos de diferentes materiais, constituindo geralmente, cada um destes um meio contínuo, onde a massa, a elasticidade e o amortecimento se encontram "misturados" entre si e distribuídos pelo volume ocupado pelo material.

Dado que a maioria das solicitações dinâmicas chega às construções através das fundações, reveste-se de particular interesse o estudo da sua propagação nos solos. Quando se aplica subitamente uma pressão próximo da superfície de um meio sólido, gera-se uma perturbação que se propaga no seu interior por ondas de tensão e deformação de diferentes formas:

- Ondas p: ondas de compressão, longitudinais.
- Ondas s: ondas de corte, transversais.
- Ondas de Rayleigh (R): de superfície, longitudinais (semelhantes às ondas da praia).
- Ondas de Love: de superfície, transversais.

Para aplicar esta técnica usa-se, geralmente, um analisador do sinal contido numa unidade de leitura e registo, um transdutor emissor e um ou mais transdutores receptores (geofones ou hidrofones).

Numa técnica de aplicação, as características de dispersão das ondas de superfície permitem determinar as

variações de velocidade de propagação (rigidez), de sistemas constituídos por camadas, como, por exemplo, o terreno de fundação. A partir de curvas experimentais de dispersão obtidas por esta técnica, traçam-se os perfis de velocidade de propagação, a partir dos quais se podem calcular as características de deformabilidade dos materiais em presença.

Noutra técnica, designada por ensaio sísmico paralelo (fig. 3), o transdutor receptor é colocado no interior de um furo executado no terreno. São produzidos impactos com um martelo, percutando zonas da estrutura que, para tal, deverão ser tornadas acessíveis. O furo onde é colocado o transdutor receptor é executado a menos de 1.5 m de distância da fundação e prolonga-se 3 a 5 m abaixo da sua cota inferior. No caso da utilização dum hidrofone, o tubo é revestido e tamponado no fundo e cheio de água. No caso de se utilizar um geofone, o furo é entubado com um revestimento selado, para evitar o desmoronamento do terreno durante o ensaio.

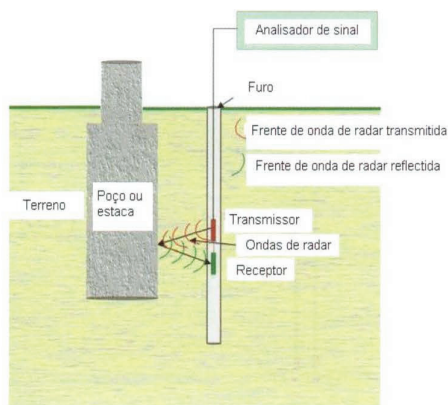


Fig. 2 - A profundidade de fundações antigas também pode ser determinada utilizando o radar (Federal Lands Highway Program). Neste caso, as duas antenas - emissora e receptora - são colocadas dentro de furos verticais próximo desses elementos

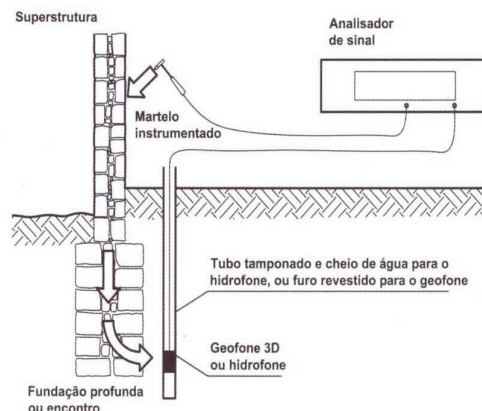


Fig. 3 - A determinação da profundidade de fundações existentes também pode ser feita através do ensaio sísmico paralelo (Olson), baseado na análise da propagação, no maciço de fundação e no terreno, de ondas elásticas provocadas por uma pancada com um martelo

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos descritos têm, actualmente, graus de divulgação variáveis, sendo as aplicações do radar na detecção de heterogeneidades no subsolo as mais vulgarizadas. Todos estes métodos têm em comum uma apreciável dificuldade de interpretação dos resultados. Exigem, dos operadores, conhecimentos profundos dos princípios físicos utilizados e da forma como eles são aplicados nesta área, e além disso, bons conhecimentos de fundações, em particular de construções antigas. Os operadores devem, portanto, ser adequadamente qualificados, e devem exercer a sua actividade integrados em organizações estruturadas, em particular do ponto de vista da gestão da qualidade.

VÍTOR CÓIAS,  
Engenheiro Civil, Oz, Ld.ª