

SÍNTE DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
EDIFÍCIOS DA RUA DE ANTÓNIO CARNEIRO
PORTO

RELATÓRIO DE DOUTORAMENTO
IC105-RD1-B-NG224
IC – FEUP | 04.2009

INDÍCE

01	INTRODUÇÃO	2
02	ENSAIO SÓNICO	3
03	ENSAIO DE MACACOS PLANOS	6
03.1	ENSAIO SIMPLES	6
03.2	ENSAIO DUPLO	8

01 | INTRODUÇÃO

Na intervenção em edifícios existentes a primeira acção consiste na inspecção do edifício que permita um bom conhecimento dos materiais que o constituem e do seu estado. Esta tarefa pode requerer a utilização de meios técnicos que permitam avaliar de forma sustentada o estado físico e capacidade resistente das paredes de alvenaria de pedra, entre outros aspectos.

Alguma desta tecnologia materializa-se na realização de Ensaio-Não-Destrutivos (NDT). No entanto, da vasta gama de NDT aplicáveis, poucos são os que fornecem resultados de natureza quantitativa. Apesar disso, na sua globalidade, constituem-se como importantes ferramentas auxiliares de decisão na verificação estrutural.

Nos pontos seguintes apresenta-se a tecnologia e procedimentos utilizados na aplicação de dois tipos de ensaios que foram utilizados na caracterização dos edifícios da Rua António Carneiro: Ensaio Sónico e Ensaio de Macacos Planos.

02 | ENSAIO SÓNICO

Os Ensaio Sónicos permitem conhecer a estrutura da parede de uma forma não destrutiva através da determinação da velocidade de propagação de ondas elásticas através da espessura da parede. Essa velocidade está relacionada com algumas das propriedades dos materiais: massa volúmica e módulo de elasticidade. A sua aplicação permite uma caracterização, fundamentalmente qualitativa das paredes. Esta tecnologia tem permitido, por exemplo, identificar vazios ou locais onde foram utilizados materiais de pior qualidade.

Nos ensaios realizados neste edifício obtiveram-se as velocidades de um dos tipos de ondas elásticas: as ondas P. As ondas foram geradas pelo impacto de um martelo (instrumentado por uma célula de carga) numa face da parede e recebidas por um acelerómetro na face oposta da parede. As fotografias da figura 1 apresentam imagens da realização de um Ensaio Sónico.



Figura 1: Ilustração de um Ensaio Sónico: a) acelerómetro na face interior da parede e b) martelo na face exterior da parede.

Os resultados obtidos neste tipo de ensaios, velocidades de propagação das ondas, são fornecidos sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, de modo a facilitar a interpretação dos resultados. A obtenção desses elementos resulta da análise cuidada das curvas de emissão (martelo) e recepção (acelerómetro). Na figura 2 apresenta-se uma ilustração do tipo de curvas obtidas.

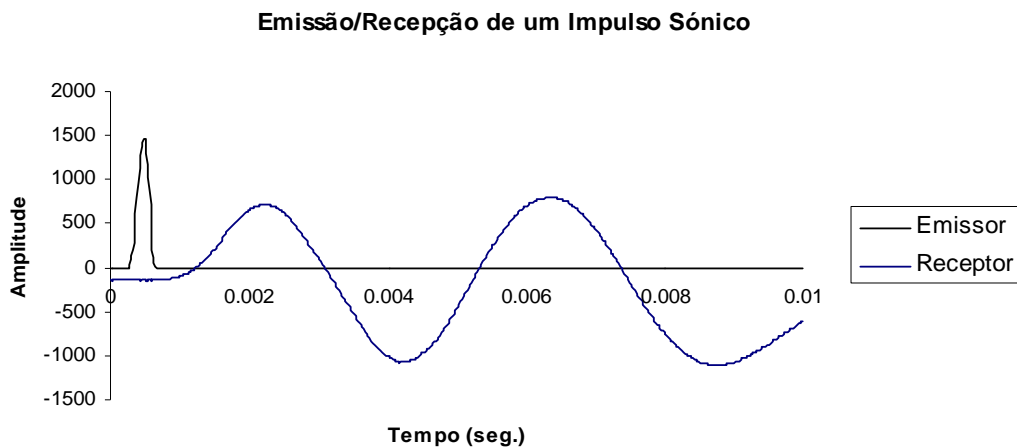


Figura 2: Curvas de emissão e recepção de um ensaio sónico.

Nesta figura são visíveis as características do impacto do martelo na parede (curva a preto) e da resposta do acelerómetro (curva azul), que se mantém em repouso até ao início da recepção da onda gerada pelo martelo.

Na figura 3 apresenta-se o resultado do tratamento da informação de um Ensaio Sónico realizado no edifício da Rua António Carneiro, depois de tratadas as curvas emissão/recepção obtidas. A imagem da esquerda apresenta o aspecto real da parede na zona dos pontos ensaiados e a imagem à direita o mapa das velocidades obtidas através do ensaio, onde cada cor representa uma gama de velocidades: as azuis mais lentas e as vermelhas mais rápidas.

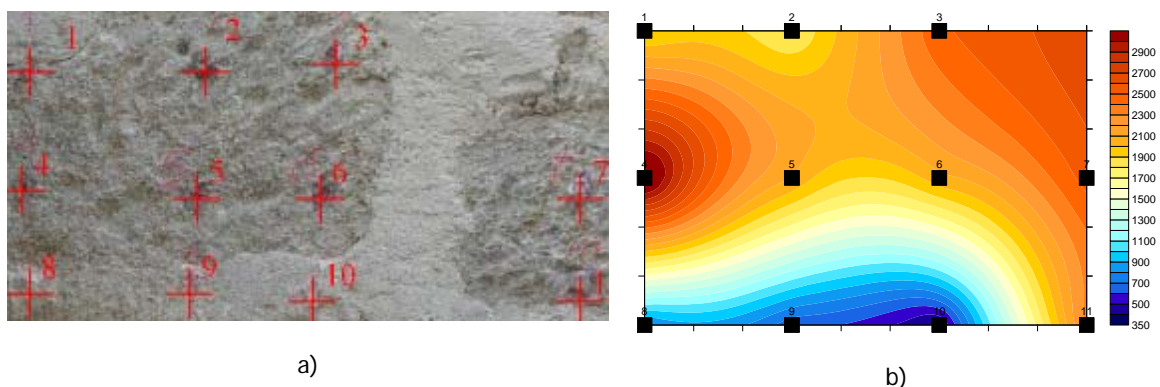


Figura 3: Resultados de um Ensaio Sónico: a) pontos ensaiados e b) representação em mapa da distribuição das velocidades obtidas.

Note-se, por exemplo, que na zona da junta entre blocos de pedra (pontos 8, 9, 10), a velocidade obtida é baixa quando comparada com a zona a meio dos blocos.

03 | ENSAIO DE MACACOS PLANOS

O ensaio de macacos planos consiste em geral na realização de dois ensaios designados por Simples e Duplo. Estes ensaios fornecem resultados de natureza quantitativa. Em particular, permitem a determinação do estado de tensão instalado na parede e a obtenção das curvas de comportamento da alvenaria da parede ou seja, tensão imposta versus deformação medida.

03.1 | ENSAIO SIMPLES

A realização deste ensaio implica a execução de um rasgo horizontal na parede com uma rebarbadora. Nesse rasgo é introduzido o macaco plano (constituído por duas chapas metálicas soldadas criando um reservatório plano fechado) que se liga a uma bomba hidráulica que permite a injeção de óleo para o interior do macaco. A bomba hidráulica é dotada de um manómetro/célula de pressão, que informa o utilizador da pressão instalada no macaco plano em cada instante. A figura 4 apresenta algumas imagens que ilustram a metodologia descrita.

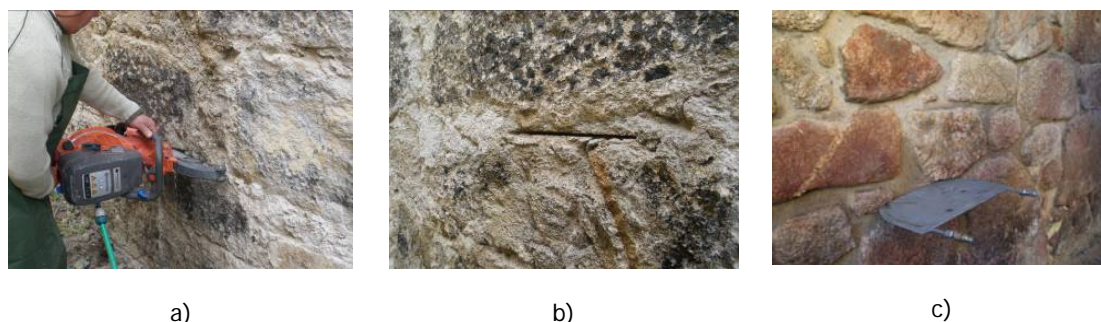


Figura 4: Preparação do Ensaio de Macacos Planos: a) execução do rasgo horizontal, b) aspecto do rasgo e c) introdução do macaco plano no rasgo efectuado.

O ensaio de Macacos Planos Simples (MPS) permite determinar o estado de tensão "in-situ". A sua aplicação divide-se em duas etapas: a) medição da alteração do estado de deformação provocada pelo rasgo executado na parede para introdução do macaco plano e b) determinação da pressão a inserir no macaco para repor o estado de deformação primitivo ou seja, anterior à execução do rasgo. A figura 5 ilustra de forma esquemática as fases deste ensaio.

Utilizam-se 4 alinhamentos verticais nos quais se medem as distâncias entre os pontos de referência (indicados por quadrados pequenos na figura 5) que são marcados antes da

realização do corte no local indicado a amarelo na figura 5 a). Este local está sob um estado de tensão vertical cujo valor se desconhece e pretende identificar. Para isso, realiza-se um corte (figura 5 b)) e mede-se a aproximação dos pontos de referência como resultado da descompressão do local. O macaco plano é então colocado no rasgo e é-lhe injectada pressão com o objectivo de repor o estado de deformação da parede. Esse processo é gradual (figura 5 c)) e termina quando todos os pontos alcançam a situação inicial (figura 5 d)).

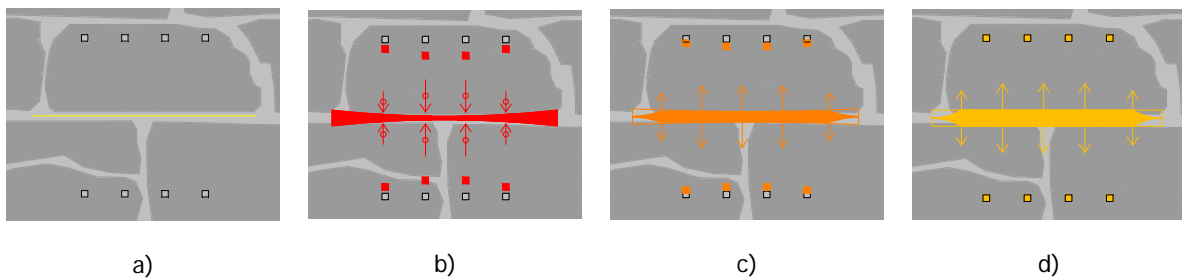


Figura 5: Fases do ensaio MPS: a) antes do corte, b) deformação medida depois do corte, c) aplicação de pressão no macaco e d) restabelecimento da situação inicial.

Note-se que numa situação real os pontos não atingem o equilíbrio simultaneamente. A tensão instalada corresponde à média das pressões que anulam a deformação dos alinhamentos dos vários pontos de referência.

Na figura 6 apresentam-se os resultados de aplicação de um ensaio MPS.

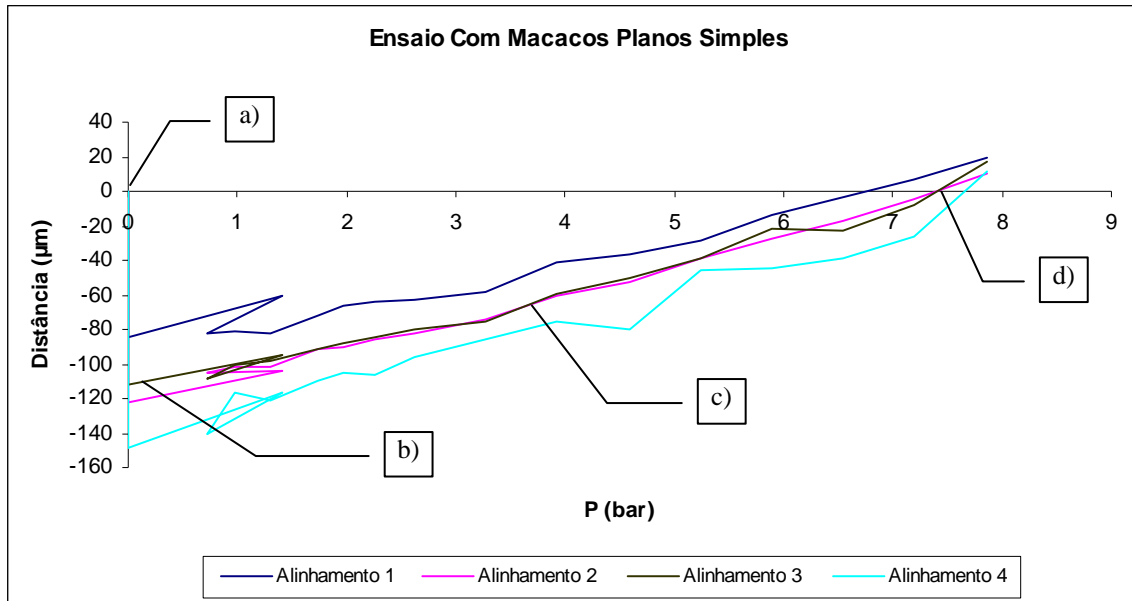


Figura 6: Resultados obtidos através de um ensaio MPS.

A cada um dos alinhamentos de pontos de referência faz-se corresponder uma curva, anotando-se o respectivo valor de pressão. As fases descritas na figura 5 (a), b), c) e d)) encontram-se assinaladas no gráfico.

03.2 | ENSAIO DUPLO

O ensaio de Macacos Planos Duplo (MPD) permite determinar as curvas de comportamento da alvenaria das paredes, em particular as características de deformabilidade e, de modo especial, o módulo de elasticidade. Esta variante do ensaio de Macacos Planos é sempre precedida por um ensaio MPS, pelo que inicialmente já se dispõe de um macaco devidamente inserido na parede.

É então efectuado um segundo rasgo, geralmente acima do primeiro, e insere-se o segundo macaco plano. Os dois macacos são ligados a uma bomba manual, garantindo-se em ambos a mesma pressão. Entre os dois macacos é colocado um conjunto de aparelhos medidores de deslocamento (LVDTs), geralmente 4 posicionados na vertical e 1 na horizontal. Durante o ensaio MPD, os macacos são pressurizados com óleo exercendo pressão sobre o troço de parede que se localiza no espaço entre macacos. Aplicam-se então carregamentos cíclicos de pressão máxima crescente.

Na figura 7 esquematiza-se o procedimento adoptado na realização do ensaio MPD.

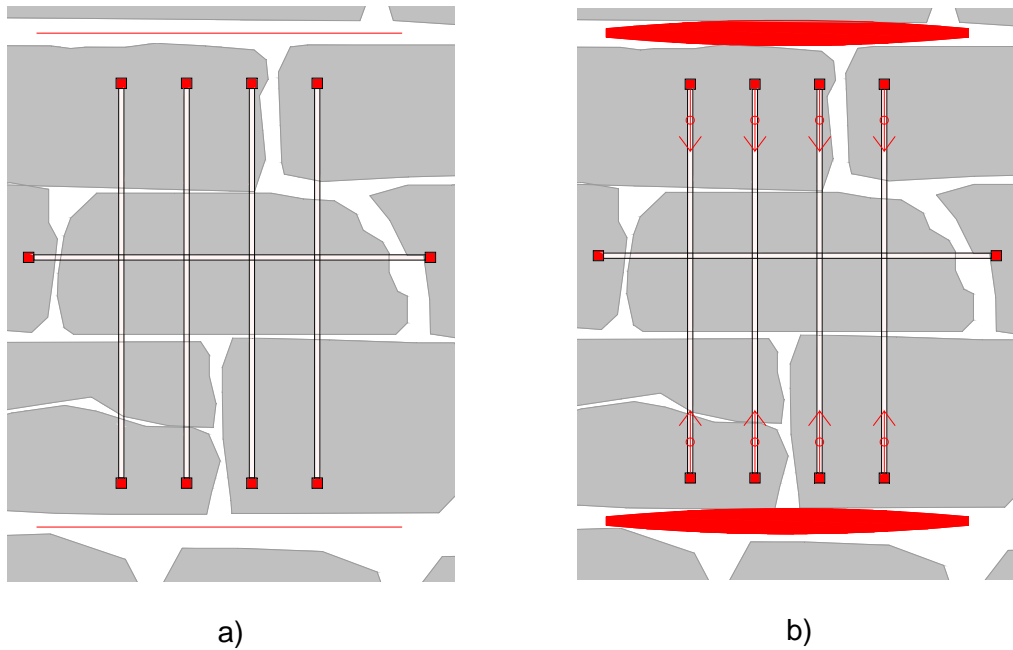


Figura 7: Ensaio MPD: a) situação inicial e b) incremento de pressão em simultâneo nos dois macacos.

Todos os valores são registados com o auxílio de um computador portátil ligado a um sistema de aquisição. Esse sistema de aquisição é responsável pela leitura simultânea dos valores dos deslocamentos lidos nos LVDT's e da pressão lida na célula de pressão colocada no circuito de saída de óleo da bomba manual. A figura seguinte apresenta o equipamento utilizado neste tipo de ensaios.



Figura 8: Realização de um ensaio MPD.

Os dados registados no computador permitem traçar gráficos tensão versus deformação, como o que se apresenta na figura 9.

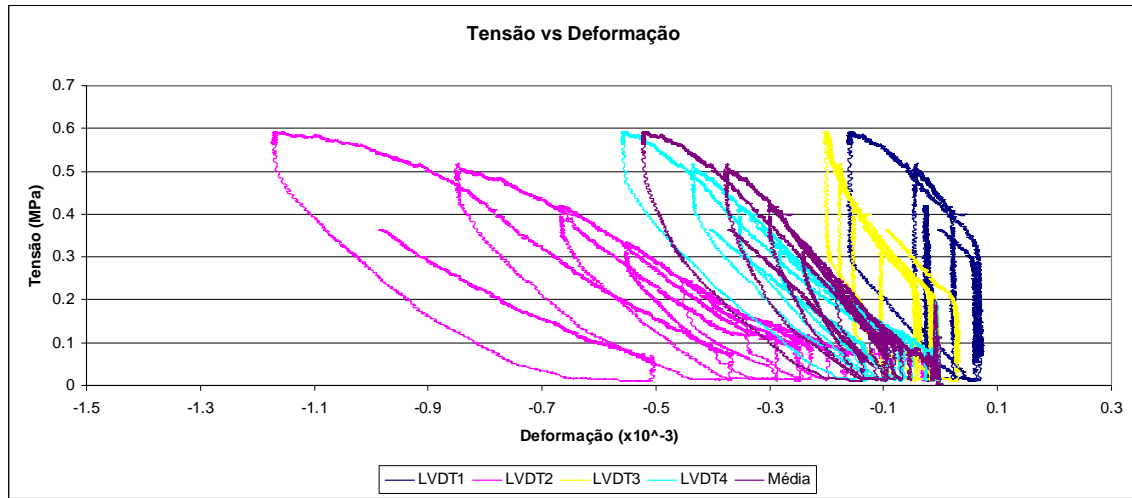


Figura 9: Resultados tipo obtidos num ensaio MPD.

Ajustando uma recta à zona ascendente das curvas obtém-se o módulo de elasticidade do troço de parede ensaiado. Na parede ensaiada no edifício de António Carneiro, chegou-se a um módulo de elasticidade ligeiramente superior a 1GPa. Conjugando os resultados obtidos nos diferentes LVDTs (verticais e horizontal) é possível estimar o coeficiente de Poisson da parede.

Porto, 10 de Março de 2009

Aníbal Costa

Prof. Catedrático - UA

João Miranda Guedes

Prof. Auxiliar - FEUP

Luís Miranda

Eng. Civil - FEUP