

Caracterização das secções de alvenaria de pedra em Itália



A diversidade de materiais e sobretudo de técnicas construtivas utilizadas na construção de alvenaria de pedra é tal que é discutível falar do comportamento mecânico da "alvenaria". A forma e dimensão das pedras, a espessura das juntas de argamassa, o número de panos no caso de secções compostas e, ainda, a dimensão e a ligação entre os panos, são factores que, complementados com as características dos materiais, determinam o comportamento local e global da alvenaria. No caso de intervenção e se a técnica adoptada for a consolidação por injeção, torna-se ainda importante conhecer a percentagem de vazios e a sua distribuição. Com o objectivo de definir tipologias frequentes de secções de alvenaria que possam servir de suporte à definição de modelos de cálculo e técnicas de intervenção adequadas face a eventos sísmicos, foi levado a cabo um estudo por um grupo de investigadores do

Departamento de Engenharia Estrutural do Politecnico di Milano, onde foram analisadas mais de 250 secções em centros históricos de várias regiões de Itália (Binda et al. 1999, 2000a e 2000b). A informação recolhida é relevante para o caso português dadas as

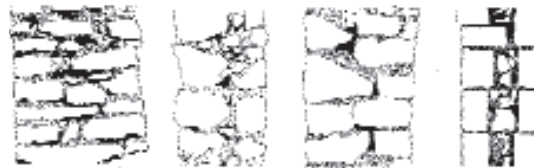


Fig. 1 - Representação da morfologia das secções mais frequentes entre as analisadas. Da esquerda para a direita: parede de um único pano, parede de dois panos encostados, parede de dois panos parcialmente ligados, parede de três panos (Binda et al., 2000a).

semelhanças entre os materiais e técnicas utilizados nos dois países. As informações foram armazenadas numa base de dados com um formato standard, por forma a facilitar a interpretação da informação. As fichas relativas a cada secção encontram-se divididas nas seguintes cinco componentes:

1. Informação genérica sobre o edifício e seu enquadramento no centro urbano.
 2. Levantamento geométrico da estrutura e, eventualmente, do seu padrão de fendilhação.
 3. Caracterização da secção (número de panos e respectiva ligação, quantidade de pedra, argamassa e vazios, estado geral de conservação, etc.).
 4. Ensaios laboratoriais dos materiais. Análise física, química e petrográfica das pedras e da argamassa, análise granulométrica dos agregados e, apenas no caso das pedras, testes mecânicos.
 5. Ensaios "in situ", nomeadamente, macacos planos simples ou duplos e ensaios sónicos.
- Apresenta-se nas figs. 1, 3 e 4 e na tabela 1 parte da informação recolhida e na fig. 2 a execução de um ensaio com macacos planos duplo.



Fig. 2 - Execução de um ensaio com macacos planos duplos.

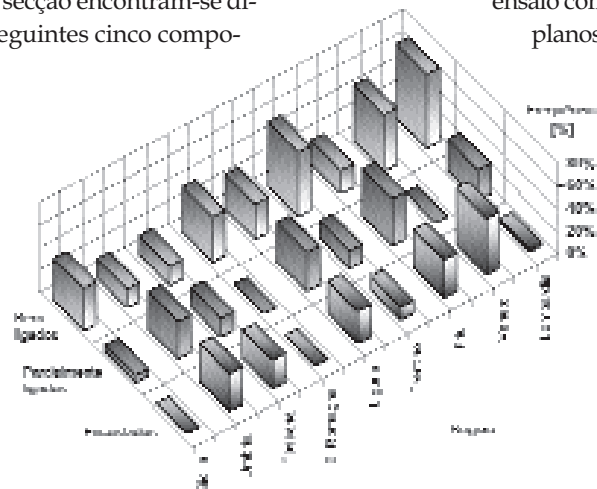


Fig. 3 - Características da ligação entre os panos nas secções compostas analisadas (Binda et al., 1999).

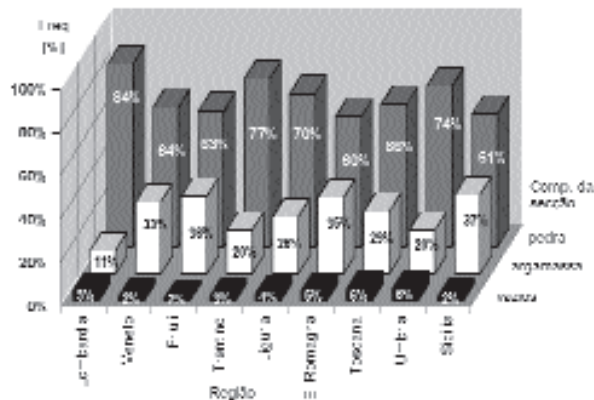



Fig. 4 - Frequência relativa das quantidades de pedra, argamassa e vazios nas secções analisadas (Binda et al., 1999).

Os ensaios laboratoriais seleccionados permitem, nomeadamente, a produção de argamassas de reparação compatíveis com as originais e a avaliação da durabilidade dos materiais existentes. As características mecânicas da alvenaria (estado de tensão, deformabilidade e resistência à compressão) devem ser obtidas através de ensaios "in situ" uma vez que as características mecânicas dos seus componentes não são facilmente correlacionáveis com as suas características globais devido à grande diversidade de tipologias. Como exemplo refere-se o ensaio com macacos planos. O segundo tipo de ensaios "in situ" referido (ensaios sísmicos) permite uma avaliação qualitativa da morfologia da secção, por exem-

plo, em termos da presença de vazios, defeitos ou lesões. No caso de intervenção os ensaios "in situ" devem ser realizados antes e depois desta para avaliar a eficácia da técnica utilizada. As cinco componentes da ficha apresentada correspondem a uma metodologia de abordagem de edifícios históricos em zonas sísmicas que permite conhecer a sua condição de risco e, simultaneamente, reunir as informações necessárias ao reforço adequado da estrutura. O conhecimento das secções de alvenaria mais frequentes em função da localização geográfica pode, também, ser uma importante informação complementar aos ensaios que se venham a fazer durante inspecções a edifícios antigos. 

Região	Secção			Espessura média [cm]
	Número de panos			
	1	2	3	
Lombardia	2	96	2	55.2
Friuli	0	96	4	81.5
Trentino	8	84	8	48.6
Veneto	0	100	0	81.5
Liguria	0	94	6	N.R.
E. Romagna	0	40	60	N.R.
Toscana	1	58	41	51.7
Umbria	0	83	17	64.1
Sicilia	38	44	19	51.5

Tabela 1 - Frequência relativa do número de panos nas secções analisadas e valores da espessura média das secções (Binda et al., 1999).

Referências Bibliográficas

- Anzani, A., Baronio, G., Binda, L. 1998. *Multiple leaf stone masonry as a composite: the role of materials on its behaviour and repair*.
- Binda, L., Fontana, A., Mirabella, G. 1994. *Mechanical behaviour and stress distribution in multiple-leaf stone walls*.
- Binda, L. 1998. *Preservation of multiple leaf stone masonry: diagnosis and control of strengthening techniques*.
- Binda, L., Baronio, G., Penazzi, D., Palma, M., Tiraboschi, C. 1999. *Caratterizzazione di murature in pietra in zona sismica: data-base sulle sezioni murarie e indagini sui materiali*.
- Binda, L., Baronio, G., Palma, M., Penazzi D. 2000a. *Indagini sulle caratteristiche delle strutture, dei materiali di edifici in muratura di pietra e mattoni, per la diagnosi ed il controllo delle tecniche di consolidamento*.
- Binda, L., Penazzi, D., Tiraboschi, C., Baronio, Cardani, G. 2000b. *Caratterizzazione murature in pietra con rilievo critico di danni subiti in seguito agli ultimi eventi sismici da murature riparate con varie tecniche*.
- Binda, L., Penazzi 2002. *Classification of masonry cross sections and typologies of historic buildings*.

1 Na sequência da definição das tipologias frequentes foram já desenvolvidos trabalhos, de cariz essencialmente experimental, com vista ao estudo do comportamento mecânico de paredes compostas (Anzani et al. 1998; Binda et al. 1994 e 2002) e, também, com vista à avaliação da eficácia do reforço por injeção de grouts (Binda, 1998).

* Engenheiro Civil. Encontra-se a realizar o doutoramento em Engenharia Civil na Universidade do Minho e no Politecnico di Milano.
 ** Arquitecta. Encontra-se a realizar o doutoramento em Engenharia Sísmica no Politecnico di Milano.