

CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS DOS EDIFÍCIOS DA BAIXA DE COIMBRA

As Suas Anomalias Típicas

R. Vicente*
romvic@civil.ua.pt

J. A. Raimundo Mendes da Silva†
raimundo@dec.uc.pt

H. Varum‡
hvarum@civil.ua.pt

Resumo

No âmbito do Processo de Reabilitação Urbana e Social da Baixa de Coimbra iniciado pela Câmara Municipal de Coimbra foi estabelecido um protocolo com a Universidade de Coimbra, com a finalidade de realizar o levantamento exaustivo desta parte da cidade, segundo as vertentes arquitectónica, construtiva e sócio-demográfica. Foi caracterizada a construção dos edifícios antigos da Baixa de Coimbra. Esta caracterização consistiu na identificação das soluções e tecnologia construtiva, para além do levantamento das anomalias estruturais e não estruturais observadas. A inspecção dos edifícios é feita ao nível da envolvente externa e do seu interior, registando-se quer as patologias, quer as soluções construtivas relativamente às alvenarias. A inspecção é efectuada por observação visual, levantamento fotográfico exaustivo e registo em fichas de inspecção e diagnóstico. Neste artigo descrevem-se, de forma sucinta, as soluções construtivas mais frequentes das alvenarias dos edifícios inspeccionados e as anomalias observadas.

Palavras-chave: Alvenarias, caracterização, anomalias, diagnóstico, reabilitação.

1 Introdução

São apresentados os resultados parciais das inspecções desenvolvidas, que permitiram um levantamento quantificado das soluções construtivas das alvenarias e diagnóstico das anomalias mais frequentemente observadas [1]. Estes números permitem a análise e avaliação sustentada dos problemas mais relevantes em termos de segurança estrutural dos edifícios da Baixa de Coimbra. Dar-se-á particular atenção à envolvente externa dos edifícios, nomeadamente às paredes de alvenaria, catalogando as anomalias mais importantes com implicação directa na sua estabilidade global.

* Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

† Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

‡ Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

Observa-se a utilização sistemática de materiais tradicionais como a madeira em estruturas de pavimento e de cobertura, pedra calcária em paredes de fachada e em guarnições de aberturas; areia do rio, cal e barro em argamassas de enchimento e rebocos; e barro, nos diversos tipos de telha e em alguns elementos de alvenaria.

2 Paredes de alvenaria resistente

2.1 As alvenarias da Baixa de Coimbra

As paredes de fachada são o rosto e imagem das zonas urbanas. A sua constituição e tipologia estão ligadas à disponibilidade de material local e técnicas construtivas adoptadas. No caso da Baixa de Coimbra, as paredes de fachada de alvenaria de pedra são as mais expressivas, com cerca de 90%.

Dentro das alvenarias de pedra incluem-se as alvenarias de melhor qualidade de pedra calcária aparelhada e as alvenarias de menor qualidade constituída por fragmentos de pedra argamassada com recurso a argamassas de cal ou barro. As alvenarias de taipa não são comuns em paredes de fachada, mas são frequentes como paredes interiores ou meeiras. Na maioria dos casos existe uma heterogeneidade do material de constituição do suporte das paredes de fachada.

Os revestimentos das paredes de fachada registados são tão diversos que em mais de 50% dos casos coexiste mais do que um tipo de revestimento por edifício. Dos resultados observados na figura 1 é preocupante verificar que em cerca de 25% dos edifícios existem revestimentos finais à base de tintas plásticas e rebocos tradicionais com base cimentícia, fruto de intervenções recentes e erradas. Apenas em 12% dos edifícios foi observado revestimento de argamassa de cal e em 11% pintura de cal, valores muito reduzidos para estes tipos de revestimentos tradicionais. Em cerca de 8% dos edifícios foi observado reboco original composto com areia de rio (crivada ou não crivada).

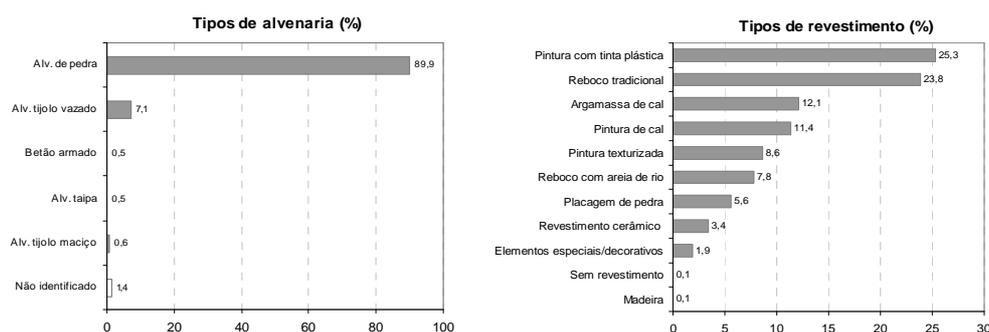


Figura 1: Alvenaria de paredes de fachada

Cerca de 88% das paredes tem redução de espessura em altura. A espessura média é de cerca de 67cm e mais de 80% das paredes tem espessura acima dos 60cm (ver figura 2a). No entanto, existe uma pequena dispersão (ver figura 2b) evidenciando com estes casos soluções muito esbeltas indicando que na maioria dos casos estas paredes não têm uma função resistente essencial.

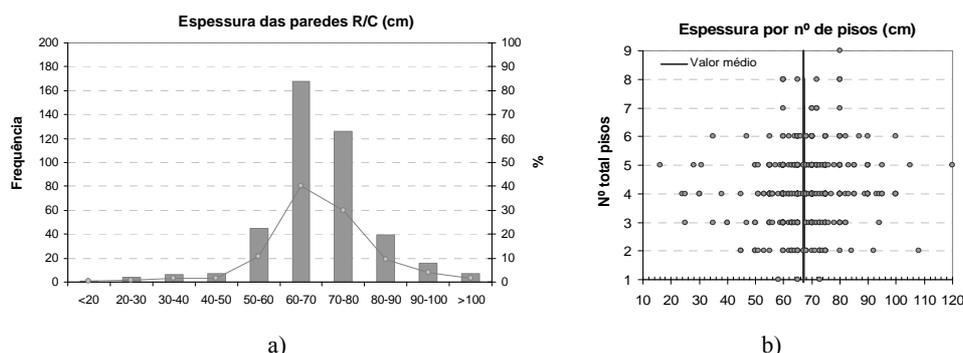


Figura 2: Espessura das paredes de fachada ao nível do R/C

2.2 Constituição das alvenarias

Na construção de edifícios e monumentos em Coimbra, as alvenarias de grande espessura são constituídas por pedra calcária de diversa qualidade, isto é por pedras com maior ou menor grau de carbonatação e de adulteração argilosa.

A pedra mais vulgar é a pedra amarela de Coimbra, designada por dolomia. Uma pedra calcária fortemente argilosa (elevada percentagem de margas) que é muito heterogénea em constituição e aspecto e de difícil trabalhabilidade. A dolomia de origem local era extraída de pedreiras na periferia da cidade, nomeadamente em Santa Clara e de dentro da própria cidade. Esta pedra era essencialmente utilizada na constituição e no enchimento das paredes de envolvente do edificado e ainda em paredes interiores de taipa. Do ponto de vista estrutural este material revela-se muito sensível à degradação devido às acções climáticas e à acção da humidade. A desagregação não se deve apenas à pedra nas alvenarias, mas também às argamassas e constituição destas.

Outras pedras de origem calcária como a pedra de “Ança” extraída desta região, não são tão comuns de observar na constituição das alvenarias. Esta pedra de baixa resistência é mais utilizada nas guarnições dos vãos, nos “aventais”, pilastras, cimalthas de cantaria e mais presente em peças ornamentais e de monumentos (Mosteiro de Santa Clara, Sé Velha, etc). Esta pedra de bom aspecto e excelente trabalhabilidade é também muito vulnerável às acções climáticas, evidenciando problemas de desagregação e escamação superficial.

De entre as pedras calcárias da zona de Ança-Portunhos, outras pedras das pedreiras da Boiça e de Outil, com maior ou menor grau de pureza, foram também empregues e utilizadas na constituição das paredes de alvenaria e ainda em outros elementos construtivos.

A presença de minerais argilosos nas pedras calcárias tornam-nas muito sensíveis à presença da água originando problemas de degradação diferencial, erosão diferencial e problemas de coesão das próprias alvenarias.

As argamassas de ligação são também muito influenciadas pela disponibilidade dos materiais locais. As argamassas de cal e areia (de rio) com seixo pequeno são muito observadas. Mas, o uso de terra argilosa tipo “rossa” (proveniente da transformação dos calcários) e de barro misturadas com areia de rio, para dar maior consistência foram observados em muitas construções.

2.3 Caracterização estrutural

É muito comum os vãos de aberturas (janelas, varandas e portas) serem vencidos com arcos de descarga em tijolo cerâmico com dimensões 3x12x28 cm e inferiormente na face interior da parede serem aplicados lintéis em madeira. A degradação e envelhecimento destes elementos levam à deformação da face interior da parede que prejudica o efeito de arco, transmitindo esforços excessivos às paredes na sua vizinhança. Da figura 3, observam-se alguns aspectos das alvenarias de pedra. São essencialmente alvenarias de pedra calcária muito irregular argamassada e preenchida com fragmentos ou de pedra irregular com face aparelhada.

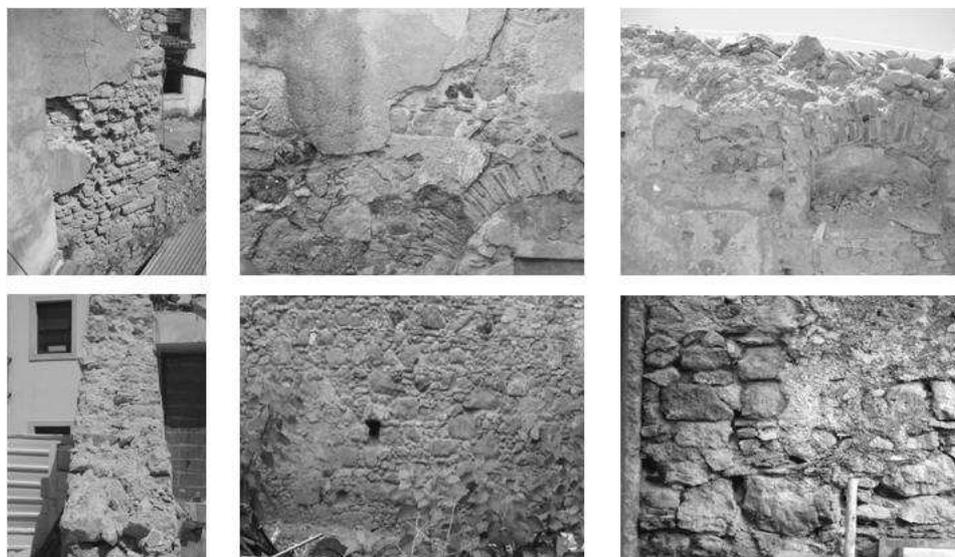


Figura 3: Alvenaria irregular de pedra calcária

A forma de assentamento e tipo de aparelho das alvenarias são determinantes na sua capacidade resistente [2]. As alvenarias de pedra irregular ou surribada desordenada apresentam um assentamento aleatório e com juntas desalinhadas e irregulares, contudo com algum cuidado na execução (selecção e assentamento). A heterogeneidade das alvenarias é bem visível, com mistura de pedra com tijolos maciços (utilizado no preenchimento e regularização do assentamento que não atravessam a parede na sua espessura).

Não existe uma ligação com elementos lastriformes entre uma face e a outra da parede, mas sim elementos de maior dimensão quase com a dimensão da espessura da parede (ver secção transversal da figura 4). Outras alvenarias de dois panos com um núcleo de enchimento com uma mistura de fragmentos de pedra e argamassa de cal ou barro pouco consistente foram observados.

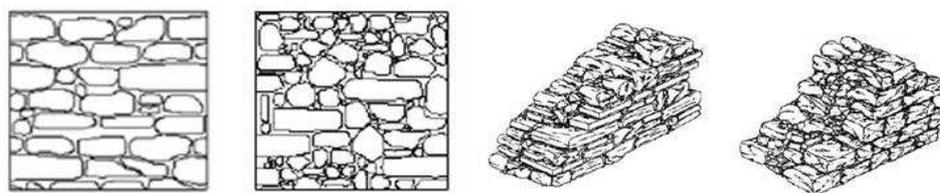


Figura 4: Tipo de assentamento, aparelho e secção transversal [3, 4]

Existem ainda casos de alvenaria de tijolo maciço com diversos formatos assentes a meia-vez. Raros exemplos de alvenaria de taipa em que entre prumos verticais de madeira são assentes tijolos com dimensões 30x10x4 com um formato peculiar, designados por tijolos “bico de andorinha”.

Foram observados raramente outros tipos de alvenaria, dos quais se destaca a taipa de canas de alvenaria de barro e de tijolo cerâmico com assentamento na diagonal.

Com o crescimento em altura dos edifícios e do tamanho dos lotes medievais (estreitos) permitindo maiores vãos, as estruturas de madeira assumiram uma tridimensionalidade com a utilização de elementos embebidos nas paredes com enchimento de pedra irregular, argamassa e agregados (grés e arenitos) e cacos cerâmicos de menor dimensão (indústria cerâmica de Coimbra e arredores). No entanto, esta estrutura de madeira não obedece pelo que foi observado a uma regularidade geométrica. Estas paredes de frontal com prumos verticais associadas a travessas horizontais e alguns elementos diagonais formam cruces geralmente pregadas [5] (cruzes de Santo André - taipas de rodízio) e lembram a estrutura da gaiola pombalina, mas ainda com um depuramento da técnica semelhante e inferior à estrutura do edifício gaioleiro (ver figura 5).

Muitas das paredes resistentes de empena entre edifícios (paredes “meeiras”) que em muitos casos não são estruturalmente dependentes, são constituídas por alvenarias menos espessas e de pior qualidade, incorporando estruturas embebidas de madeira. No caso das paredes de fachada muito espessas, excluindo as zonas dos

vãos em que são utilizados painéis de pedra ou alvenaria menos espessa, a madeira é utilizada como reforço periférico na zona das ombreiras, padieiras e peitoris. Também se encontram elementos de madeira ao nível dos cunhais, não sendo contudo uma solução corrente.



Figura 5: Paredes de frontal

A visível fractura e flexão dos prumos de madeira embebidos nas paredes são sinais de apodrecimento e degradação da madeira que não são resolvidos pela simples cintagem ou atirantamento da flexão visível. Note-se ainda que as paredes de tabique com uma função pseudo-estrutural adquirida através do tempo por deformações impostas e efeitos diferidos, revelam abaulamentos e fissuras de esmagamento denunciando movimentos da estrutura principal e dos pavimentos.

Os tirantes em ferro forjado que ligam paredes opostas funcionam como armadura passiva, não transmitindo forças à alvenaria (ver figura 6). Apenas se mobilizarão no caso de ocorrer deformações, assentamentos ou acção sísmica. Os tirantes não estão necessariamente à vista, mas são denunciados pelo destacamento. Existem sempre ao nível dos pisos e ao nível da cobertura. Muitos casos são pregagens como medida de reforço ou reparação após a construção.



Figura 6: Tirantes

Os cunhais, que as fachadas da envolvente formam entre si, são zonas onde o travamento das alvenarias adquire especial significado e onde os cuidados são maiores. Se esta zona de cunhal for descuidada é muito provável que se venha a desligar a parede facilmente, bastando por vezes o choque térmico para produzir este efeito.

Vulgarmente o travamento é feito por meio de interpenetração vertical das paredes ortogonais e em outros casos blocos de pedra de maior dimensão e melhor qualidade com perpianhos. Mais raro é o uso da madeira embebida, presente em alvenaria menos espessa.

As alvenarias não tem praticamente nenhuma resistência a esforços de tracção ou corte, apesar do seu comportamento aceitável a esforços de compressão. A reduzida resistência ao corte e à tracção ainda se deve à grande espessura destas paredes e à constituição das alvenarias nomeadamente ao aparelho da alvenaria e à argamassa de assentamento. As argamassas de cal e barro que conferem pobres propriedades mecânicas e de coesão são um factor determinante na resistência a acções laterais.

A fragilidade da resposta destas paredes de alvenaria, de baixa ductilidade na presença de forças horizontais de corte, não permite uma dissipação de energia adequada no caso da acção sísmica. No caso de incorporarem madeira, esta capacidade é melhorada significativamente.

3 Anomalias das alvenarias

Neste ponto apresentam-se as anomalias frequentemente encontradas nos edifícios da Baixa de Coimbra e que representam bem os problemas mais frequentes em edifícios antigos. Muitos dos problemas observados são diagnosticáveis pela análise de tensões instaladas por simples equilíbrio de forças e interpretação do caminho dessas forças através da estrutura. No entanto, alguns modelos numéricos mais complexos poderão ajudar a quantificar com maior rigor a amplitude das tensões desenvolvidas para as solicitações a que está sujeito.

Pretende-se catalogar uma série de problemas recorrentes que se devem identificar e diagnosticar na inspecção de um edifício antigo, para além da descrição do fenómeno e do seu mecanismo (ver figuras 7, 8, 9 e 10).

As anomalias são frequentemente de origem mecânica e/ou física. As anomalias de origem química são normalmente agravantes ou de carácter não-estrutural. Refira-se que a estrutura vertical de suporte, constituída por alvenarias resistentes também incorporam frequentemente elementos de madeira, sendo estes mais vulneráveis à acção da água e de ataques xilófagos. As distorções, empenos nos vãos, fissuração, deformações e abaulamentos são as manifestações dos mecanismos desenvolvidos.

Existem outras patologias que não serão aqui expostas e que fazem parte de um trabalho mais extenso, como os problemas associados ao abaulamento das paredes, desligamento de materiais, esmagamentos localizados, supressão e interrupção de elementos resistentes, falta de contraventamento entre paredes ortogonais, deterioração das madeiras.

Impulso horizontal da cobertura sobre as paredes



Descrição

Os impulsos (forças horizontais não equilibradas) criados sobre as paredes resistentes nas quais a cobertura descarrega e quando as paredes não estão preparadas para resistir e não estão bem ligadas com as paredes meeiras. Originam forças de corte nas paredes correspondentes ao movimento de rotação.

Causas

Várias causas são equacionáveis e que levam à criação de impulsos:

- i) Deformação imposta.
- ii) Deformabilidade da estrutura da cobertura por parte da viga de cumeeira ou do vigamento de suporte. Interrupção de elementos da estrutura de suporte da cobertura.
- iii) Ausência de elementos de cintagem ou tirantes capazes de absorver e redistribuir os esforços.

Figura 7: Impulso horizontal da cobertura

Fissuração inclinada e vertical junto ao cumhal



Descrição

A reduzida resistência

A fissuração vertical desenvolvida é superior no topo e vai diminuindo até se anular.

O valor da tensão normal vertical ao nível do topo é muito inferior ao nível de tensão a níveis mais baixos, influenciando a resistência ao corte das paredes.

$$\tau_u = \tau_k + \sqrt{1 + \frac{\sigma_o}{1.5 \times \tau_k}}$$

Causas

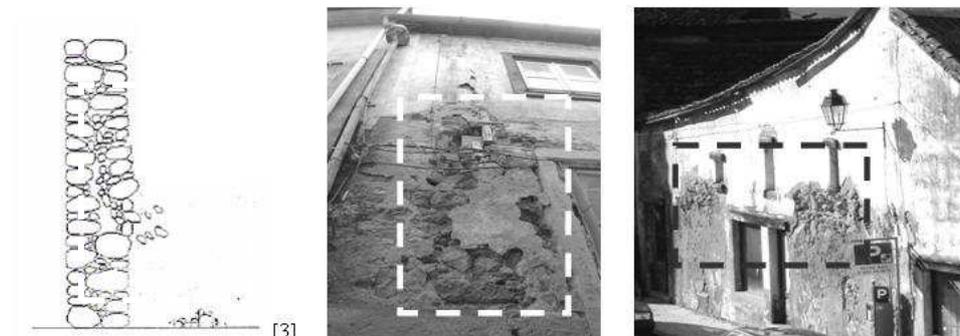
Rotação da parede ou da parede ortogonal.

Falta de boa ligação entre paredes ortogonais. Isto pode estar ligado ao próprio faseamento da construção, caso das fachadas que não são bem ligadas às paredes de empena já existentes da construção vizinha. (desenho).

Impulso da cobertura (ver anomalia da figura 7).

Figura 8: Fissuração junto ao cumhal

Desagregação da alvenaria



Descrição

A fissuração desenvolvida não tem uma configuração padrão. Esta denuncia a localização dos elementos expansivos, sejam estes de madeira ou de metálicos.

A desagregação origina a instabilização e daí a capacidade resistente dessa parede ao nível dessa secção comprometa a estabilidade global traduzindo-se em fragilidades por abertura de fendas e criação de vazios.

Esta instabilização é mais comum nas paredes de dois panos. A falta de manutenção e acções de consolidação agrava o problema. Este problema é muito mais notável nos pisos térreos, mais expostos às acções meteóricas.

Causas

A entrada de água infiltrada quer de águas da chuva, quer de humidade ascensional do terreno é a principal fonte de deterioração, afectando a consistência e coesão das alvenarias, incorporando muitas vezes terra na própria constituição da parede ou nas argamassas de assentamento. A entrada de água por pontos fracos da construção (beirais, fendas existentes, etc). A deterioração é ainda impulsionada ou agravada por outros factores, tais como: poluição, cristalizações, expansões, etc.

Figura 9: Desagregação grave da alvenaria

Fissuração por assentamentos diferenciais



Descrição

A direcção/inclinação das fissuras denuncia particularmente os assentamentos diferenciais e a sua configuração também dependerá do tipo de alvenaria na limitação da propagação da fissuração.

As “transferências” de esforços entre elementos estruturais é perturbada pela introdução de assentamentos ao nível das fundações.

Causas

Aos fenómenos de assentamento podem estar associados uma série de factores ligados aos solos:

i) Permeabilidade; ii) Solos de diferente comportamento (aterros), iii) Descompressão do solo por escavação na construção de edifício vizinho

Figura 10: Assentamentos diferenciais

4 Conclusões e comentários finais

As alvenarias encontradas nos edifícios da Baixa de Coimbra são muito heterogéneas em termos de comportamento e deformabilidade, devido à natureza diversa e heterogénea das pedras, das argamassas, e das técnicas construtivas e ainda pelo estado de conservação que obrigam a estudar cada caso e cada região. O cariz regional da disponibilidade de materiais marca definitivamente a qualidade das paredes de alvenaria resistente.

O desenvolvimento da caracterização da construção foi possível pelo acompanhamento e visita aos edifícios e a muitos edifícios habitados em processo de demolição e reconstrução. Mas, uma pesquisa mais aprofundada das características físicas e químicas dos materiais empregues é essencial para interpretar o comportamento e muitas das anomalias que se sucedem.

O estado de conservação é muito preocupante e os sinais de desligamento entre paredes ortogonais, fissuração com grandes aberturas apenas prejudica e compromete estes edifícios que desmoronam apenas com acções climáticas ou obras vizinhas. Os materiais utilizados nas alvenarias de fraca qualidade não se apresentam de fácil e satisfatório tratamento, o que faz com que a intervenção de consolidação ou reparação tenha de ser de maior profundidade e de maior responsabilidade [7].

O estado actual de degradação dos edifícios e os problemas sociais na Baixa de Coimbra, associados à importância do ponto de vista histórico e cultural desta parte da cidade evidencia a necessidade urgente da implementação de um plano de renovação e reabilitação urbana, devolvendo à Baixa a imagem de zona histórica.

5 Bibliografia

- [1] Câmara Municipal de Coimbra. *Processo de Recuperação e Renovação da Baixa de Coimbra*, Coimbra, 2003.
- [2] Appleton, J. *Reabilitação de Edifícios Antigos Patologias e tecnologias de intervenção*, 1ª Edição, Edições Orion, 2003.
- [3] *Sicurezza e Conservazione dei Centri Storici Il caso Ortigia*, Editore Laterza & Figli Spa, Rome-Bari, 2000.
- [4] Faccioli, E. & Pessina, V. (Editors) CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. *The Catania Project, Earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean*, 225 pp, Rome, Italy, 2000
- [5] Barbosa Teixeira, G. & Cunha Belém, Margarida. *Diálogos de Edificação Estudo de técnicas tradicionais de construção*, CRAT – Centro Regional de Artes Tradicionais, 1998.
- [6] Bonshor, RB. & Bonshor, LL. *Cracking in Buildings*, British Research Establishment.
- [7] Macchi, G. Short Course on Structural Assessment of Heritage Buildings, Rose School, Pavia, 3th to 7th October, 2005.