

# O papel da investigação no estudo das argamassas de substituição na conservação do património

Fernando M. A. Henriques\*, Paulina Faria†

*Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil  
Monte da Caparica, Portugal*

## RESUMO

As argamassas desempenham um papel fundamental na conservação do património edificado. Embora o conceito de argamassas de substituição não seja recente, a disponibilidade de materiais que existe na actualidade, para além dos tradicionais, pode apresentar novas oportunidades e criar alguns desafios de difícil resolução que têm de ser analisados criteriosamente de um ponto de vista científico.

Este artigo descreve e analisa alguns dos requisitos subjacentes às argamassas de substituição, discute as dificuldades que podem surgir e enfatiza algumas abordagens recentes que devem ser consideradas a nível da investigação internacional.

## 1. INTRODUÇÃO

As argamassas podem ser usadas em aplicações muito distintas, como por exemplo em revestimentos exteriores de parede, revestimentos interiores, refechamento de juntas, injeções de consolidação, às quais correspondem objectivos também diferenciados. Cada um destes tipos de aplicação deverá obedecer a requisitos diferentes, pelo que cada caso deve ser considerado separadamente. Embora os materiais adoptem a mesma designação em todas estas situações – argamassas –, tratam-se de situações muito distintas e que, por isso, devem ser consideradas segundo abordagens também diferentes.

A investigação desempenha um papel importante no desenvolvimento das argamassas de diversos tipos e no melhor conhecimento dos vários fenómenos que condicionam o seu comportamento. Mas essa investigação está dependente de vários factores e a forma como possa ser conduzida condiciona o tipo de resultados que podem ser obtidos. É neste contexto que a problemática das argamassas para edifícios antigos é analisada nos capítulos seguintes.

---

\* Professor Catedrático (fh@fct.unl.pt)

† Professora Auxiliar

## 2. AS ESPECIFICAÇÕES DE ENSAIO

A partir da definição dos requisitos que as argamassas devem cumprir para serem utilizadas numa intervenção de conservação, procede-se geralmente à avaliação do seu comportamento em condições de laboratório. É nesta fase que surge um problema importante: enquanto os resultados obtidos nos ensaios de laboratório por uma determinada equipa, utilizando sempre as mesmas especificações, podem ser comparáveis, tal já não é possível no caso de resultados obtidos por instituições diferentes ou dos efectuados segundo especificações de ensaio diversas.

Em muitas circunstâncias e contextos tem vindo a constatar-se que os mesmos ensaios realizados sobre os mesmos materiais em laboratórios diferentes conduzem a resultados distintos (por vezes com diferenças consideráveis). Por outro lado, verifica-se que especificações de ensaio para determinação de uma característica específica variam não só em pequenos detalhes mas também ao nível do tipo de processos utilizados. Uma simples análise bibliográfica mostra as diferenças que existem na maior parte dos ensaios mais comuns definidos por especificações correntes (Henriques, 1996). Alguns factores básicos, como sejam os processos de amassadura (tempo, velocidade, ordem de disposição dos componentes na cuba), condições e períodos de cura, tipos e dimensões dos moldes, são bons exemplos da variabilidade que pode ser introduzida.

Alguns ensaios correntes (como sejam os casos da absorção de água por capilaridade, permeabilidade ao vapor de água ou resistência aos sais solúveis) são paradigmáticos das alterações que os procedimentos de ensaio podem acarretar. A situação torna-se ainda mais complexa se forem avaliadas as diferenças que podem ser obtidas com argamassas da mesma formulação, preparadas, sujeitas a cura e ensaiadas de acordo com especificações de ensaio distintas.

Uma análise deste tipo foi realizada há alguns anos (Henriques, 1996-2) e os resultados obtidos são ilustrativos da dimensão do problema. Foi avaliado o desempenho da mesma argamassa, preparada segundo uma especificação de ensaio mas sujeita a cura sob condições distintas (por exemplo, realizada de acordo com as recomendações da BS e submetida a cura segundo as especificações da BS ou do CSTB<sup>‡</sup>, ou vice-versa). Os provetes realizados com as argamassas foram submetidos a ensaios mecânicos correntes e a outros ensaios, nomeadamente de absorção de água por capilaridade determinada de acordo com procedimentos distintos (RILEM ou NORMAL<sup>§</sup>).

Foram analisadas argamassas com dois tipos de composições – uma com base apenas em cal aérea hidratada e outra incluindo um componente pozolânico que conferia comportamento hidráulico. Os traços utilizados foram de 1:4 de cal aérea hidratada e areia, no caso da primeira, e de 1:1:4 de cal aérea hidratada, pozolana e areia, na segunda. Em ambas as composições, metade da argamassa foi preparada de acordo com a norma britânica BS 4551 (BSI, 1980) e a outra metade segundo as especificações europeias da EN 196-1 (CEN, 1994). Por sua vez, metade dos provetes preparados segundo uma determinada especificação foram sujeitos a cura de acordo com a BS e a outra metade segundo as especificações francesas definidas nos Cahiers du CSTB (CSTB, 1982; CSTB, 1991).

As argamassas preparadas foram identificadas utilizando um código de duas letras, em que a primeira indica o método de preparação (b para BS e e para EN) e a segunda, o processo de cura (b para BS e c para CSTB). O tipo de argamassa foi identificado pela utilização de letras minúsculas para a argamassa só de cal aérea e areia (1:4) e de maiúsculas para a argamassa de cal

---

<sup>‡</sup> British Standards Institution (BSI); Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

<sup>§</sup> International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM); norma NORMAL do Istituto Centrale del Restauro, Roma

aérea, pozolana e areia (1:1:4). Os códigos de identificação e a descrição das argamassas e provetes correspondentes são apresentados na listagem seguinte:

- BB: argamassa de cal aérea, pozolana e areia, preparada e sujeita a cura segundo a BS
- bb: idem ao anterior mas com argamassa de cal aérea e areia
- BC: argamassa de cal aérea, pozolana e areia, preparada de acordo com a BS e sujeita a cura segundo as condições do CSTB
- bc: idem ao anterior mas com argamassa de cal aérea e areia
- EB: argamassa de cal aérea, pozolana e areia, preparada de acordo com a EN e sujeita a cura segundo a BS
- eb: idem ao anterior mas com argamassa de cal aérea e areia
- EC: argamassa de cal aérea, pozolana e areia, preparada de acordo com a EN e sujeita a cura segundo as condições do CSTB
- ec: idem ao anterior mas com argamassa de cal aérea e areia

O efeito do processo de amassadura utilizado durante a preparação das argamassas pode ser apreciado na figura 1, onde se comparam os resultados obtidos nos ensaios mecânicos em pares de provetes que apenas diferem nas condições de preparação (sendo as condições de cura constantes em cada par). Os gráficos mostram que as variações no processo de amassadura praticamente não têm efeito nas propriedades mecânicas de argamassas com apenas cal aérea como ligante, enquanto essas variações têm influência significativa nas argamassas incluindo pozolana.

O efeito das condições de cura das argamassas é apresentado na figura 2, onde se comparam os resultados obtidos nos ensaios mecânicos, em pares de provetes que mantêm inalteradas todas as restantes condições. A principal diferença quanto às condições de cura refere-se ao facto de a BS preconizar uma câmara saturada, enquanto as especificações do CSTB requerem um ambiente com 50% de humidade relativa (HR). Estas diferentes condições de cura mostraram ter implicações em ambos os tipos de argamassas. Enquanto nas argamassas só de cal aérea, as resistências mecânicas melhoram na cura a 50% de HR, nestas condições as resistências mecânicas das argamassas com pozolana (e comportamento hidráulico) diminuem ligeiramente.

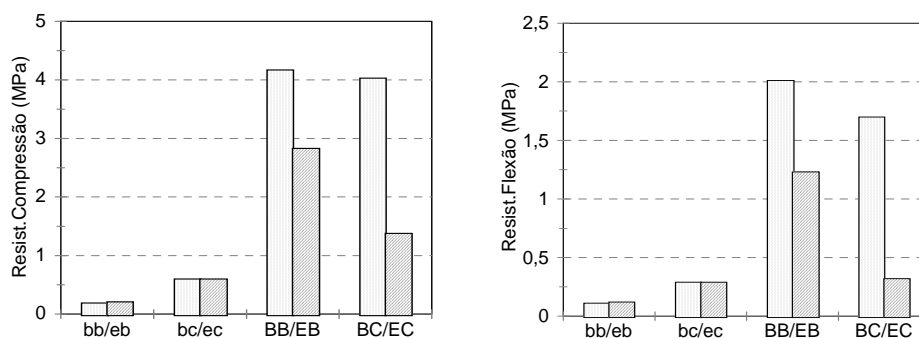


Figura 1 – Efeito dos processos de preparação nos resultados dos ensaios mecânicos

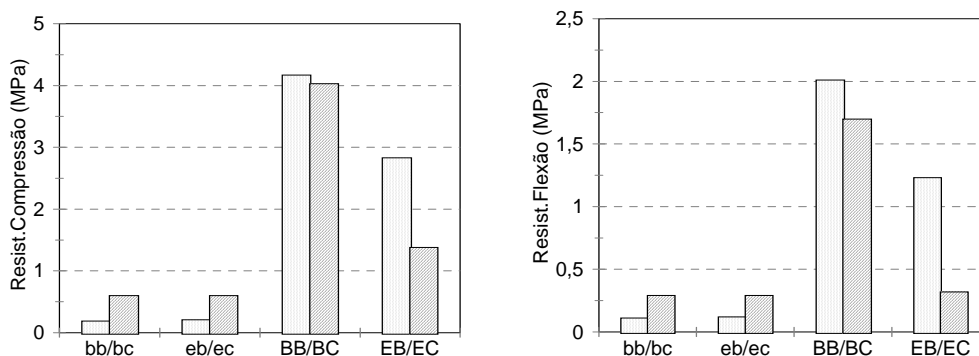


Figura 2 – Efeito das condições de cura nos resultados dos ensaios mecânicos

Os resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade são apresentados na tabela 1. embora menos evidentes que as resistências mecânicas, também apresentam diferenças significativas. Enquanto os resultados dos valores assintóticos são de algum modo semelhantes em ambos os métodos, o coeficiente de capilaridade difere, embora dentro da mesma ordem de grandeza. O coeficiente de capilaridade mais elevado obtido segundo os procedimentos da RILEM pode ser explicado pelas condições de ensaio: a água é absorvida a uma velocidade elevada porque a amostra é imersa em 2 mm de água e a evaporação apenas pode ocorrer pela superfície do topo superior. No caso da argamassa de cal aérea, observa-se uma ligeira diferença entre os provetes sujeitos a cura de acordo com as especificações do CSTB e da BS. Os que denotam resistências mecânicas mais elevadas apresentam uma menor absorção capilar de água, como é expectável num material de maior compacidade; este efeito é mais evidente quando são usados os procedimentos da NORMAL relativamente aos da RILEM.

Tabela 1 – Coeficientes de capilaridade ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ ) e valores assintóticos ( $\text{kg/m}^2$ )

Provetes	RILEM		NORMAL	
	Coef. Capilaridade ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ )	Valor Assintótico ( $\text{kg/m}^2$ )	Coef. Capilaridade ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ )	Valor Assintótico ( $\text{kg/m}^2$ )
bb	0.26	19.3	0.14	18.9
eb	0.24	19.9	0.13	19.6
bc	0.23	17.4	0.07	15.9
ec	0.23	17.4	0.09	17.4
BB	0.40	23.4	0.33	23.1
EB	0.40	26.6	0.30	26.6
BC	0.38	21.6	0.30	21.7
EC	0.30	19.4	0.24	19.2

### 3. ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS

Outra questão interessante a ter em conta trata da definição dos ensaios considerados necessários para a avaliação do desempenho das argamassas. Os ensaios a realizar sobre argamassas para edifícios antigos não seguem necessariamente as especificações generalizadas

para argamassas modernas. Para além disso, algumas propriedades relevantes para este tipo de argamassas não são frequentemente tidas em conta.

Teutónico *et al.* (Teutónico, 1997) consideram imprescindíveis, para além de caracterização visual, a determinação das seguintes propriedades:

- permeabilidade ao vapor de água;
- absorção capilar;
- teor em sais solúveis;
- retracção na secagem.

Para argamassas que tenham um desempenho estrutural, também consideram que devem ser caracterizadas quanto a:

- resistência à compressão;
- módulo de elasticidade;
- variações dimensionais por efeito térmico.

Snethlage (Snethlage, 1997) sugere a determinação das seguintes características para argamassas de refechamento de juntas:

- módulo de elasticidade dinâmico (E-dyn);
- resistência à compressão ( $\beta_c$ );
- expansão hídrica ( $\alpha_{hy}$ );
- expansão térmica ( $\alpha_{th}$ );
- coeficiente de capilaridade (w);
- factor de resistência à difusão do vapor de água ( $\mu$ );
- tensão de aderência ( $\beta_{ad}$ ).

Outros autores consideram diferentes grupos de ensaios para a avaliação de argamassas. Tornam-se surpreendentes e por vezes confusos para o leitor, quer as diferenças registadas, quer ainda o tipo e as contradições entre os ensaios utilizados em diversos artigos publicados. A definição dos tipos de ensaios requeridos para a avaliação de argamassas com uma natureza específica (rebocos, refechamento de juntas, caldas, etc.) é uma das tarefas que tem vindo a ser avaliada ao nível internacional. Obviamente que, com este fim em vista, é fundamental ser levada a cabo uma avaliação cuidadosa dos requisitos funcionais para cada tipo de aplicação de argamassas.

No que se refere a argamassas para rebocos de edificios históricos devem ser considerados os seguintes aspectos:

- absorção e evaporação de água;
- resistências mecânicas (incluindo a aderência);
- resistência aos sais solúveis;
- libertação de sais solúveis;
- resistência à acção do gelo;
- estabilidade dimensional.

Estes seis aspectos podem ser considerados segundo duas perspectivas diferentes (Faria Rodrigues, 2003):

- características necessárias para garantia da protecção das paredes onde as argamassas estão aplicadas (evitando processos de degradação):

- absorção e evaporação de água;
- resistências mecânicas;
- libertação de sais solúveis;
- estabilidade dimensional;

- características necessárias para prevenção da degradação das argamassas (incrementando a sua durabilidade):

- resistência aos sais solúveis;
- resistência ao gelo/degelo;

- evaporação da água;
- resistências mecânicas (incluindo o tempo de presa)

Para a avaliação destas características tornam-se necessárias as seguintes determinações:

- resistências à compressão e à flexão;
- tempo de presa;
- aderência (em função de um determinado substrato existente ou de um padrão);
- módulo de elasticidade (dinâmico ou estático);
- absorção de água por capilaridade (em termos do coeficiente de capilaridade e do respectivo valor assintótico);
- permeabilidade ao vapor de água (ou índice de secagem);
- resistência aos cloretos e/ou aos sulfatos;
- resistência a ciclos de gelo/degelo;
- libertação de sais (através de análises químicas ou indirectamente por condutividade);
- retracção e variações dimensionais (por acções da temperatura e humidade).

Para cada uma destas determinações devem ser estabelecidas e definidas as correspondentes especificações de ensaio. Este factor é de extrema importância devido às implicações que, como se mostrou anteriormente, pode gerar. Deve ser tido em conta que uma simples alteração nas especificações de ensaio impossibilita que se continuem a avaliar os resultados dos ensaios realizados com base em comparações com os que tinham sido anteriormente efectuados. Embora recentemente várias especificações de ensaio tenham vindo a ser preparadas (nomeadamente ao nível da EN), muitas equipas de investigação continuam a utilizar as suas próprias especificações (geralmente baseadas nas definidas há muitos anos pela RILEM). Esta aparente inércia é principalmente baseada no risco que está envolvido na alteração para outro grupo de especificações de ensaio. Por outro lado, fora da União Europeia são utilizadas correntemente outras especificações de ensaio - como é o caso das da ASTM, nos Estados Unidos. Esta situação mostra que será difícil que as mesmas especificações de ensaio venham a ser utilizadas em todo o mundo, o que pode recomendar alguma prudência ao considerar a migração para especificações diferentes das utilizadas por cada equipa de investigação. Mas, em boa verdade, será que faz sentido a existência de uma rede global de equipas de investigação que utilizem as mesmas especificações de ensaio? Isso é algo que deve ser cuidadosamente analisado.

#### 4. COMPARABILIDADE ENTRE CARACTERIZAÇÕES DE ARGAMASSAS

Não é possível ter argamassas preparadas em diferentes localizações geográficas que sejam directamente comparáveis. Não apenas pelas eventuais variações ao nível das especificações de ensaio, já referidas, mas também devido aos materiais utilizados (como ligantes e principalmente como agregados) serem quase sempre diferentes.

Há alguma razão quando se diz que “as argamassas são produtos locais”. De facto, as argamassas são geralmente preparadas com materiais locais - se não os ligantes, pelo menos os agregados são normalmente aqueles que estão disponíveis no local. Torna-se assim claro que o desempenho de, por exemplo, uma argamassa ao traço 1:2 de cal aérea hidratada e areia, preparada em determinado sítio, não pode ser comparada com outra argamassa com a mesma formulação preparada noutra região (mesmo que a cal seja a mesma, a incorporação de areias de dois locais diferentes induzirá resultados distintos).

Este facto poderia ser considerado como o fim da cooperação nacional e internacional em estudos sobre argamassas. Mas, como será discutido adiante, apenas enfatiza a necessidade de ser outro o objectivo que deve ser considerado. A cooperação não é apenas necessária mas essencial para o desenvolvimento e melhor conhecimento do desempenho das argamassas.

## 5. PERSPECTIVAS A NÍVEL DA INVESTIGAÇÃO

Num mesmo contexto experimental há sempre espaço para análises comparativas de argamassas diferentes. Neste caso, os resultados obtidos podem ser comparados e mesmo que não possam ser extrapolados em valores absolutos para outras situações, as tendências definidas podem ser assumidas como válidas em diversas circunstâncias. Logo, constata-se a este nível a existência de um largo campo de investigação.

Paralelamente, há várias oportunidades para alargar os conhecimentos que presentemente se dispõem. Ainda existem muitos factores que afectam as argamassas que não são bem compreendidos ou cujo conhecimento é claramente insuficiente. Qualquer pesquisa levada a cabo num destes campos vai aumentar o conhecimento dos factos envolvidos e alertar outras equipas para a necessidade de persecução de novos estudos. Dois exemplos ilustram esta tendência.

Tem sido reconhecido que diferentes agregados podem influenciar o desempenho das argamassas. Geralmente esta influência depende da quantidade de argila que o agregado pode conter (uma situação que é particularmente evidente quando se tratam de argamassas de cal aérea). Também é reconhecido que a granulometria do agregado influencia o desempenho das argamassas, principalmente por interferir na compactidade e, logo, na porosidade. Mas será que as variações apresentadas seguem um padrão regular?

Uma investigação recente, parte da qual já publicada (Henriques, 2004), mostra que alguns conceitos de base geralmente aceites como válidos podem, de facto, ser questionados. Analisando os efeitos da distribuição granulométrica nas características de uma argamassa com traço volumétrico de 1:3 de cal hidráulica branca\*\* (designada comercialmente por cal Lafarge) e areia, tornou-se claro que:

- diferentes tipos de agregados influenciam o desempenho das argamassas;
- areias mais grossas conduzem a menores porosidades e absorções capilares;
- areias mais grossas tendem a produzir argamassas de resistências mecânicas mais elevadas;
- misturas de areias de diferentes granulometrias mantêm as tendências referidas.

Este estudo mostra que uma argamassa com a areia mais grossa apresenta uma redução relativamente a outra realizada com areia mais fina numa gama de 42% para a porosidade aberta, 69% no que se refere ao coeficiente de capilaridade e 33% quanto aos valores assintóticos da capilaridade. No que se refere às resistências mecânicas (flexão e compressão), a argamassa com a areia mais grossa mostra um acréscimo de 33% relativamente à argamassa com areia mais fina e um módulo de elasticidade 50% mais baixo.

Estas conclusões foram confirmadas quando a mesma análise foi conduzida com argamassas utilizando cimento branco. Mas quando o ligante foi cal aérea hidratada, os resultados obtidos foram diferentes. A figura 3 compara o coeficiente de capilaridade e a porosidade aberta obtidos com argamassas com traço volumétrico 1:3 de cal Lafarge ou de cal hidratada (hidr), utilizando seis areias com distribuições granulométricas distintas. As linhas de tendência mostram claramente padrões opostos obtidos com esta comparação entre as argamassas com ligantes diferentes.

---

\*\* Utilizou-se uma cal hidráulica branca com adição pozolânica, classificada pelo fabricante como NHL 3,5 – Z.

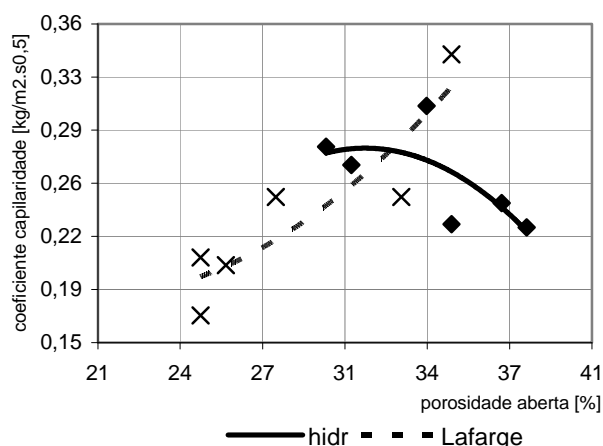


Figura 3 – Coeficientes de capilaridade vs porosidades abertas

Também muito interessante é o efeito que o substrato pode ter na porosidade das argamassas e, conseqüentemente, em muitas outras características. Os resultados apresentados pelos estudos de Groot *et al.* (Groot, 2003) e Petkovic *et al.* (Petkovic, 2004) enfatizam a tendência que se previa mas que é agora claramente demonstrada. De acordo com estes trabalhos, a mesma argamassa aplicada em dois substratos diferentes apresenta comportamentos muito diferenciados. Se aplicada num substrato com poros de grandes dimensões, a argamassa apresenta uma porosidade inferior à registada se estiver aplicada num substrato com poros finos. Como é visível nestes estudos através do uso de ressonância magnética nuclear, os diferentes padrões da migração da humidade são determinantes na porosidade final e na porometria das argamassas. Quando o substrato apresenta poros maiores, seca mais rapidamente que a argamassa, enquanto se os poros forem mais finos, acontecerá o oposto. Esta situação deve-se ao facto de os poros pequenos apresentarem pressões capilares mais elevadas – a pressão varia inversamente ao raio dos poros – o que dificulta a secagem.

Outra conclusão interessante que se pode tirar do artigo de Groot *et al.* quando se compara a influência do substrato no comportamento de duas argamassas com diferentes teores em ligante é que o efeito do substrato é mais significativo que o traço da argamassa, "the overall impression is that the differences in pore size distribution of the two separate series of plasters are less significant than those of the substrate".

## 6. CONCLUSÕES

Nos parágrafos anteriores foram focados algumas questões que podem ter uma importância significativa no que se refere a argamassas de substituição. Uma conclusão óbvia é o facto de ser bastante difícil obter resultados imediatamente comparáveis a partir de estudos desenvolvidos por diferentes equipas de investigação. Esta situação é não só devida à utilização de protocolos de preparação e cura e de especificações de ensaio diferentes, mas também porque cada equipa utiliza frequentemente materiais locais para a realização das argamassas a analisar (se não os ligantes, pelo menos os agregados). Resulta desta situação que os resultados são apenas directamente comparáveis com outros obtidos pela mesma equipa.

Mas esta situação não deve ser considerada como uma dificuldade no desenvolvimento de cooperação na investigação nacional e internacional. De facto, a investigação a este nível não é apenas possível como desejável, no sentido em que é a única via para se poder atingir um progresso mais rápido dos conhecimentos que é desejável neste campo. A organização de uma rede de equipas de investigação deve ser encorajada, de modo a ser possível o desenvolvimento



de novos trabalhos, com base nos conhecimentos mais recentes, reduzindo redundâncias e permitindo um progresso mais rápido na área das argamassas para edifícios históricos.

Tal como noutros campos, a pesquisa pode ser conduzida segundo duas vertentes: fundamental e aplicada. Enquanto esta última possibilidade conduz ao incremento do conhecimento local, a fundamental contribui para a compreensão global dos problemas existentes. E felizmente, se há algo que não se deve recluir, é a falta de temas para serem investigados.

## REFERÊNCIAS

British Standards Institution (BSI), Methods of testing mortars, screeds and plasters, BSI, London, BS 4551 (1980).

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Modalités d'essais des enduits extérieurs d'imperméabilisation de mur à base de liants hydrauliques, Cahiers du CSTB, Paris, (230), cahier 1779 (1982).

CSTB, Certification CSTB des enduits monocouches d'imperméabilisation, Cahiers du CSTB, Paris, (341), cahier 2669-4 (1991).

Comité Européen de Normalisation (CEN), Methods of testing cement; determination of strength, CEN, Brussels, EN 196-1 (1994).

Faria Rodrigues, P. and Henriques, F.A., Current mortars in conservation: an overview, in Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Materials Science and Restoration, Seminar on Historical Rendering and Mortars (CD-rom), University of Karlsruhe (2003).

Groot, C., Van Hees, R., Lubelli, B., Wijffels, T., Rooij, M. and Petkovic, J., Aspects of salt and moisture transport in restoration plasters and renders, in Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Materials Science and Restoration, Seminar on Historical Rendering and Mortars (CD-rom), University of Karlsruhe (2003).

Henriques, F.A., Test methods for the evaluation of new mortars for old buildings, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Roma, *Science and Technology for Cultural Heritage*, 5 (1), 57-61 (1996).

Henriques, F.A. and Charola, A.E., Comparative study of standard test procedures for mortars, in Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, J. Riederer (Edit.), Berlin, 1521-1528 (1996).

Henriques, F., Rato, V. and Charola, E., The influence of grain size distribution on the performance of mortars, in Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, D. Kwiatkowski and R. Löfvendahl (Edit.), Stockholm, ICOMOS Sweden, 1001-1008 (2004).

Petkovic, J., Pel, L., Huinink, H., Kopinga, K. and Van Hees, R., Salt transport and crystallization in plaster layers: a nuclear magnetic resonance study, in Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin (CD-rom), Lisbon, IST (2004).

Snethlage, R., Leitfaden Steinkonservierung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (1997).

Teutonico, J.M., Charola, A.E., De Witte, E., Grassegger, G., Koestler, R.J., Laurenzi Tabasso, M., Sasse, H. and Snethlage, R., Group Report: How Can We Ensure the Responsible and Effective Use of Treatments (Cleaning, Consolidation, Protection), *Saving Our Architectural Heritage: The Conservation of Historic Structures*, N.S.Baer and R.Snethlage (Eds.), John Wiley & Sons, Chichester (1997).