

ARGAMASSAS COMPATÍVEIS

Um conjunto de estudos realizados no LNEC ao longo dos últimos dez ou doze anos permitiu compilar os resultados que se sintetizam:

Composição: proporções volumétricas ligante : agregado	Gama de valores aos 90 dias (indicativo)		
	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade dinâmico por frequência de ressonância (MPa)	Coefficiente de capilaridade (kg/m ² .min ^{1/2})
Cal aérea : areia (1:3)	0,6 – 1,6	2300 – 4100	1,1-1,6
Cal aérea + pozolana : areia (1:2 to 1:3)	0,9 – 2,3	2500-4500	1,3-2,3
Cal aérea + cal hidráulica : areia (1:2 to 1:3)	0,6-1,0	1600-3000	0,7-1,8
Cal hidráulica : areia (1:2 to 1:3)	0,6-3,1	1100-7000	1,0-2,4
Cal hidráulica natural NHL 3,5 (1:3) (s/h)	1,2 / 2,4	4400 / 6700	4,6 / 3,3
Cal + algum cimento : areia (1:3)	0,9-5,1	3000-10000	1,0-2,0

CASOS DE RENOVAÇÃO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Com revestimentos
incompatíveis

CASOS DE RENOVAÇÃO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Com
revestimentos
compatíveis

REMOÇÃO E SUBSTITUIÇÃO

- O objetivo a atingir é a durabilidade do edifício, sem prejudicar a sua autenticidade, e não a durabilidade do revestimento em si.
- Pode ser necessário sacrificar a durabilidade do revestimento de substituição em detrimento da sua compatibilidade e da consequente durabilidade do edifício a preservar.

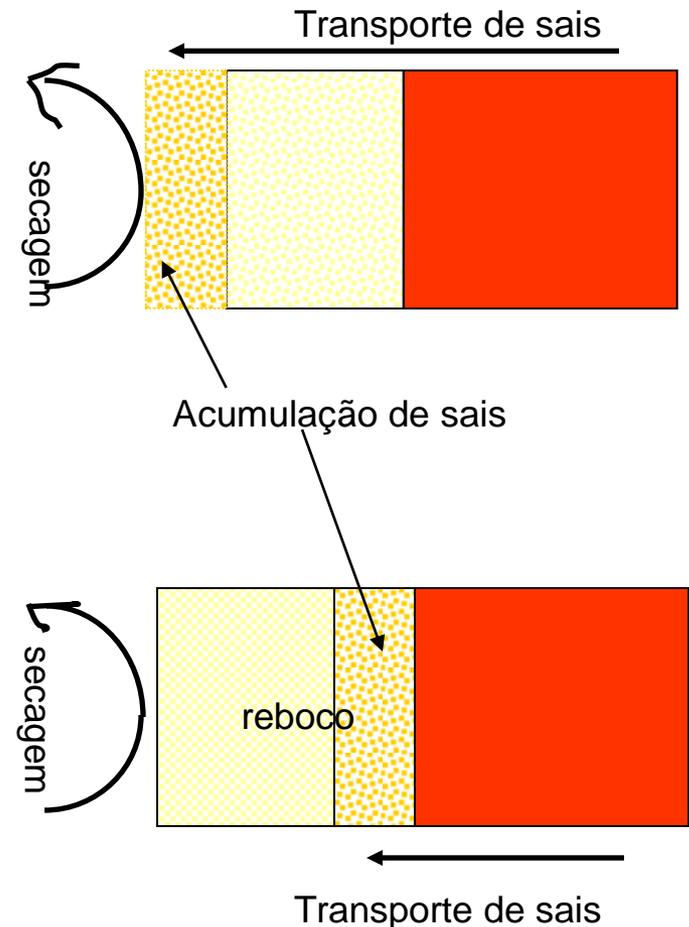


PAREDES COM SAIS

As soluções recomendadas actualmente como compatíveis com suportes com sais baseiam-se em princípios diferentes e resumem-se praticamente a 2 tipos:

revestimentos de transporte: é provocado o transporte dos sais dissolvidos para o reboco, onde cristalizam; para isso é preciso que o reboco tenha poros de diâmetro superior aos do suporte

revestimentos de acumulação: é provocada a acumulação dos sais numa camada de reboco afastada da superfície; é necessário que existam duas camadas de reboco de diferente porosimetria, em que a camada de acumulação tem poros de diâmetro superior à camada mais exterior e também ao suporte.



Projeto COMPASS

OPÇÃO CONSERVAÇÃO

Anomalias:

- **Perda de coesão**
- **Destacamento, ou perda de aderência, entre camadas ou entre o revestimento e o suporte**
- **Erosão (consequência da perda de coesão ou de aderência)**



CONSOLIDAÇÃO DA COESÃO

Anomalias:



CONSOLIDAÇÃO DA ADERÊNCIA



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Anomalias:



- Identificar as causas das anomalias e eliminá-las ou controlá-las
- Tensões devidas a variações dimensionais de origem térmica e hídrica
- Lavagem do ligante
- Agressões químicas, físicas ou biológicas
- Cristalização de sais solúveis (salitre), através de eflorescências e criptoflorescências mais ou menos profundas
- Neste último caso é necessário controlar os mecanismos que provocam os ciclos de dissolução e transporte de sais seguidos de secagem e cristalização, com a consequente destruição da estrutura porosa. Em geral isso passa por reduzir a circulação de água e alterar a localização da frente de secagem para uma superfície em que os danos sejam aceitáveis (normalmente a superfície exterior).

CONSOLIDAÇÃO DA COESÃO

- Aplicação de um consolidante na superfície exterior de um revestimento aplicado.
- Por pulverização ou por pincelagem.
- Pulverização é em geral de execução mais fácil e rápida e proporciona uma distribuição mais homogénea e mais controlada de consolidante.



CONSOLIDAÇÃO DA COESÃO

- O consolidante tem que ser **compatível** com o revestimento antigo e não pode alterar significativamente as suas características:
 - Não deve modificar a estrutura porosa nem reduzir excessivamente a capilaridade (absorção total e taxa de absorção) nem a permeabilidade ao vapor de água.
 - Não deve aumentar a resistência mecânica ou a rigidez de modo exagerado.
- Eficácia: recuperação da resistência mecânica e da resistência à penetração da água originais sem alteração do comportamento.
- Durabilidade: resistência às ações climáticas e ambientais (gelo; sais).

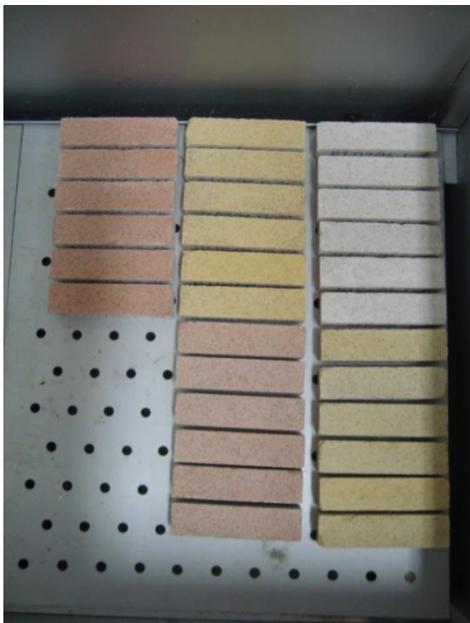


CONSOLIDAÇÃO DA COESÃO

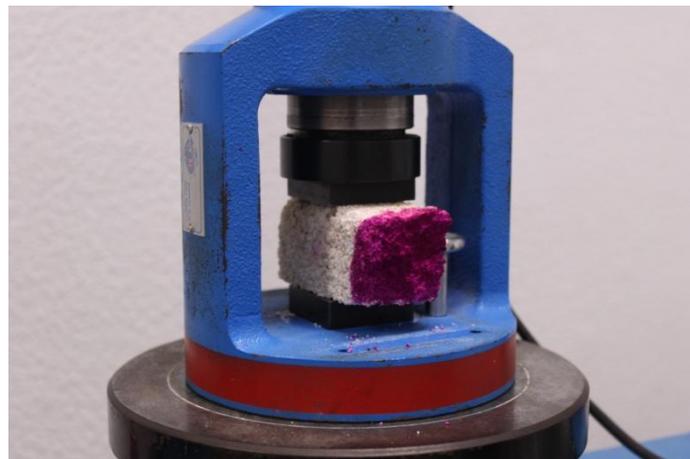
- Há vários tipos de consolidantes disponíveis, orgânicos ou inorgânicos.
- Os que melhor asseguram a compatibilidade com o revestimento antigo são os que tendem a regenerar o ligante perdido ou degradado. Não recomendamos os orgânicos.
- Para terem boa penetração e não alterarem a superfície externa devem ser líquidos e muito finos.
- Os melhores resultados foram obtidos com **produtos nanoestruturados com base em hidróxido de cálcio (nanocais), silicato de etilo e nanossílica.**



CONSOLIDAÇÃO DA COESÃO



Estudo experimental



CONSOLIDAÇÃO DA ADERÊNCIA

- Recurso a “argamassas líquidas” (“grouts”), aplicadas por injeção entre as camadas destacadas
- Aplicabilidade: facilidade de injeção dos produtos, boa penetração e capacidade de preenchimento dos vazios, são características essenciais de aptidão ao uso dos grouts. Por essa razão, o comportamento reológico é determinante para a eficácia e bom desempenho destes produtos.



CONSOLIDAÇÃO DA ADERÊNCIA

- Compatibilidade: os produtos injetados não devem alterar significativamente a porosidade nem a deformabilidade do sistema: a introdução de camadas de permeabilidade reduzida, ou de módulo de elasticidade elevado, favorece a retenção de água na interface e gera tensões entre as camadas, provocando novos destacamentos e desagregações.
- A carbonatação é difícil, pelo que é necessária hidraulicidade, mas sem comprometer a compatibilidade.

Para cumprir os vários requisitos as argamassas líquidas para recolagem devem ser produtos com base em **cal hidráulica isenta de sais, ou de cal aérea e pozolanas**, adjuvadas com retentores de água e plastificantes, de forma a garantirem as características de compatibilidade, de aplicabilidade e de eficácia necessárias.



CASOS DE CONSERVAÇÃO



Igreja do Sto Sacramento - Lisboa

Edifício Principal do LNEC - Lisboa

CASOS DE CONSERVAÇÃO



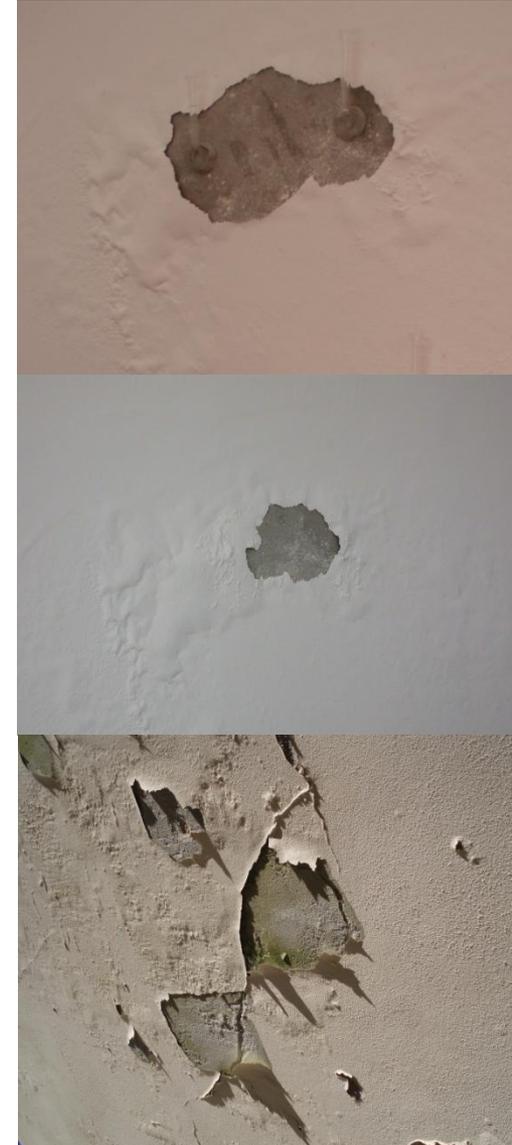
Estuques decorativos de gesso restaurados (Palácio de Estói e Palácio da Cidadela)

A pintura final tem que ser realizada com uma tinta compatível:

- Capacidade de protecção à água
- Permeabilidade ao vapor de água
- Resistência aos agentes ambientais: poluição, nevoeiro salino

Nos casos de ambientes agressivos e de exigência de durabilidade, em que a cal possa não ser a solução, a melhor solução são as tintas de silicatos.

- As tintas de silicatos seleccionadas têm que ter: teor de ligante orgânico < 5%; não devem ter hidrófugos.
- Não devem ser usadas camadas de preparação ou primários impermeabilizantes.



- Pinturas minerais:
- Tintas de cal
- Tintas de cal aditivadas
- Tintas de silicatos



PINTURA

- Pinturas minerais:
- Tintas de cal
- Tintas de cal aditivadas
- Tintas de silicatos

Pinturas de silicatos após cerca de 7 anos de exposição natural



Caiações aditivadas (com resina e caseína) após cerca de 7 anos de exposição natural



A execução é um aspecto muito importante destas intervenções

- Preparação de especificações detalhadas dos trabalhos a executar
- Mão-de-obra qualificada, treinada e bem orientada
- Fiscalização atenta dos trabalhos

No caso das técnicas de restauro (consolidação e reintegração estética), é essencial envolver conservadores / restauradores especializados neste domínio, para orientar os trabalhos, exemplificar e até executar algumas operações mais delicadas.

Sem estes profissionais, a aplicação de técnicas de tratamento complexas pode falhar completamente.



- Veiga, M. Rosário; Menezes, Marluci; Tavares, Martha – [Strategies for conservation of historical renderings. Factors and decision criteria](#). In ICOM-CC, 16th Triennial Conference, Lisbon, 19-23 September 2011. Paper 1112 (anexo 2).
- Veiga, M. Rosário – Conservação de revestimentos de alvenarias históricas. Tratamento e consolidação versus renovação. In Patorreb 2012 – 4º Encontro sobre patologia e reabilitação de edifícios, 12-14 Abril 2012, Santiago de Compostela, Espanha. Palestra convidada.
- Menezes, Marluci; Tavares, Martha; Veiga, M. Rosário – Os revestimentos exteriores dos edifícios históricos como parte da imagem urbana: desafios socio-ambientais à sua conservação. Congresso PLURIS 2012 – Planeamento Urbano Regional Integrado e Sustentável, Brasília-DF/Brasil Outubro 2012.
- Veiga, M. Rosário – Boas práticas de conservação e restauro do património: interligação entre ciência e obra na conservação de revestimentos históricos. Anuário do Património, ed. Gecorpa, 2011-2012, pp.210-215. ISSN 2182-522X.

- Veiga, M. Rosário – **Conservation of historic renders and plasters: from laboratory to site.** Historic Mortars: Characterization, Assessment, Conservation and Repair. RILEM BOOKSERIES Vol 7, 207-225, SPRINGER, Valek, Hughes and Groot, eds, 2012. ISSN 2211-0844; ISBN 978-94-007-4635-0; ISSN-E 2211-0852; ISBN-E 978-94-007-4635-0.
- Margalha, G., Veiga, R., Santos Silva, A., Brito, J. – **Traditional methods of mortar preparation: The hot lime mix method,** Cement & Concrete Composites, 33 (2011), pp. 796–804.
- Margalha, G., Santos Silva, A., Veiga, R., Brito, J., Ball, R., Allen, G. – **Microstructural changes of lime putty during ageing,** Journal of Materials in Civil Engineering, 2012.
- Veiga, M. R.; Fragata, A.; Velosa, A. L.; Magalhães, A. C.; Margalha, M. G. – **Lime-based mortars: viability for use as substitution renders in historical buildings.** International Journal of Architectural Heritage vol. 4 (2), pp.177-195, April-June 2010. ISSN 1558-3058. DOI: 10.1080/15583050902914678.

- Tavares, M.; Veiga, M. R.; Fragata, A.; Aguiar, J. – **Consolidation of renderings simulating stone in the façade of LNEC’s building.** In Stone Consolidation in Cultural Heritage. Lisboa, LNEC, 6-7 Maio de 2008.
- Freire, T., Santos Silva, A., Veiga, R., Brito, J. – **Characterization of Decorative Portuguese Gypsum Plasters from the 19th and 20th Centuries: the Case of the Bolsa Palace in Oporto**”. Historic Mortars: Characterization, Assessment, Conservation and Repair. RILEM BOOKSERIES Vol 7, 141-151, SPRINGER, Valek, Hughes and Groot, eds, 2012. ISSN 2211-0844; ISBN 978-94-007-4635-0; ISSN-E 2211-0852; ISBN-E 978-94-007-4635-0.
- Borsoi, G.; Veiga, R.; A, Santos Silva, A.– **Microstructural and physical mechanical characterization of nanostructured pozzolanic consolidant products for historical renders: evaluation of their efficacy,** In 15TH European Congress on Composite Material, a realizar 24-28 Junho 2012, Veneza, Italia.
- Borsoi, G.; Tavares, M.; Veiga, M. R.; Santos Silva, A. – **Studies of the performance of nanostructured and other compatible consolidation products for historical renders.** [Materials Science Forum 730-732, pp. 942-947.](#) Published 2013. DOI:104028/www.scientific.net/MSF.730-732.942.

- Os revestimentos históricos de paredes estão sujeitos a diversos tipos de solicitações e agentes de degradação.
- A sua conservação é importante para a preservação física do edifício e para a manutenção da sua identidade e valor cultural.
- Deve seguir-se uma estratégia de conservação dos revestimentos, principalmente quando o valor histórico e artístico do edifício ou dos próprios revestimentos for elevado. A aplicação desta estratégia implica:
 - conhecimento aprofundado dos materiais usados originalmente
 - e das técnicas empregues
 - bom domínio dos produtos e técnicas de tratamento disponíveis

- A conservação dos revestimentos antigos (não-remoção e tratamento) permite preservar a autenticidade e o valor cultural; evita problemas de incompatibilidade; é geralmente mais rápido e mais económico.
- A conservação, nomeadamente através do uso de técnicas de consolidação, implica um maior conhecimento sobre o revestimento antigo, os mecanismos de degradação e as soluções de tratamento: técnicas e materiais.
- A sua aplicação requer o recurso a mão-de-obra especializada em conservação e restauro.
- Se forem bem aplicadas, os revestimentos tratados readquirem funcionalidade e boa durabilidade, sem perder o seu valor cultural.
- Outros aspetos a não descurar são a preparação de especificações completas e corretas dos trabalhos a efetuar e um bom acompanhamento da obra.

- No caso de revestimentos com valor cultural reduzido e em mau estado de conservação pode optar-se por uma estratégia de renovação (remoção e substituição)
- Com recurso a materiais compatíveis, com base em ligantes do mesmo tipo dos usados nos revestimentos originais – cal, pozolanas, gesso
- Evitando, tanto quanto possível, o cimento Portland e as resinas e sintéticas
- Estas tomadas de decisão devem ser bem fundamentadas com base em critérios definidos, considerando os principais fatores em jogo

AGRADECIMENTOS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Agradece-se o apoio da FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal) através do projeto de investigação FCT PTDC/ECM/100234/2008 – Limecontech – Conservação e Durabilidade de revestimentos históricos: técnicas e matérias compatíveis.

The logo for FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) is the letters 'FCT' in a large, bold, teal font.

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

As estratégias apresentadas baseiam-se nos conhecimentos adquiridos ao longo deste projeto e de projetos anteriores na área da conservação de revestimentos, com a colaboração sinérgica de uma vasta equipa de investigação multidisciplinar. Agradecimentos a todos os membros da equipa!