

# Consolidação de rebocos de cal

*Estudo apoiado no método da resistência à furação*

Rita Nogueira | Assistente, CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa | [rita.nogueira@tecnico.ulisboa.pt](mailto:rita.nogueira@tecnico.ulisboa.pt)

Ana Paula Ferreira Pinto | Professora auxiliar, CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa | [anapinto@civil.ist.utl.pt](mailto:anapinto@civil.ist.utl.pt)

Augusto Gomes | Professor associado, CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa | [augusto@civil.ist.utl.pt](mailto:augusto@civil.ist.utl.pt)

***Os rebocos antigos são compostos por várias camadas de argamassa de composições distintas, habitualmente de cal aérea, adaptadas às funções específicas de cada camada. A perda de coesão das argamassas é um problema frequente nos rebocos antigos. Os tratamentos de consolidação podem ser uma solução viável, com a vantagem de permitir preservar os materiais originais.***

A

consolidação consiste num tratamento em profundidade com o objetivo de incrementar as características de coesão e de aderência entre os constituintes do material. A distribuição da ação consolidante em profundidade tem que ser o mais uniforme possível e estender-se até ao material são [1].

O artigo analisa a ação de um consolidante à base de silicato de etilo num protótipo de um reboco de cal aérea, constituído por duas camadas de argamassa, aplicado sobre um suporte que simula a constituição e características de uma alvenaria de pedra ordinária antiga.

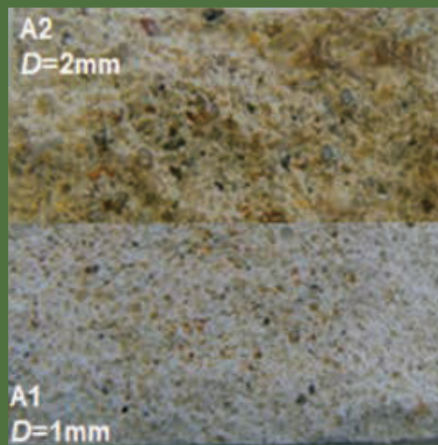
A ação consolidante foi avaliada por recurso à resistência à furação, método aplicável *in situ* e cuja intrusão no material é mínima (tipicamente furos de 5mm de diâmetro). Este método aplicado antes e após a aplicação dos tratamentos consolidantes permite avaliar o acréscimo de resistência mecânica e a profundidade atingida pelo tratamento.

A argamassa é um material heterogéneo, composto por partículas de agregado dispersas numa matriz de pasta porosa, mais fraca e de menor dureza. Os ensaios que envolvem rotura do material, como o ensaio de furação, provocam separação pelas zonas mais fracas, isto é, na pasta e na interface pasta-agregado, não sendo afetadas, no essencial, as partículas do agregado [2].

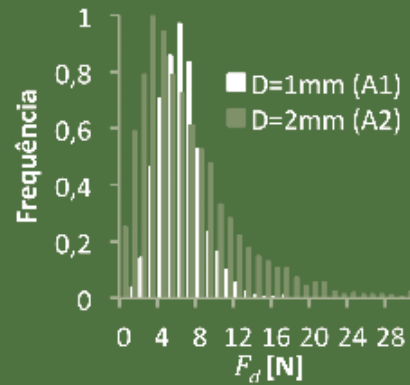
A fig. 1 apresenta o aspeto visual, os perfis de resistência em profundidade e os histogramas dos valores de força obtidos em ensaios de furação de duas argamassas de cal (A1 e A2) com diferente grau de heterogeneidade.

O aspeto visual das argamassas permite reconhecer a heterogeneidade conferida pela presença de agregados com diferente máxima dimensão ( $D$ ) [3]. Os perfis ilustram a evolução da força de furação ( $F_d$ ) ao longo da profundidade ensaiada e evidenciam que a dimensão máxima do agregado ( $D=2\text{mm}$  e  $D=1\text{mm}$  para A2 e A1, respetivamente) é o principal fator que conduz a esta heterogeneidade.

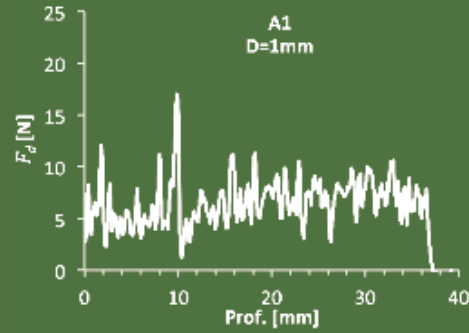
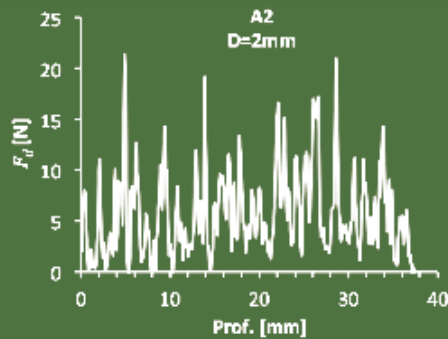




Aspetto visual



Histogramas dos valores da força de furação



Perfis de resistência em profundidade

1

1 | Argamassas A1 e A2 [3].  
Ensaio obtidos em provetes  
prismáticos (4x4x16cm).

2 | Protótipo do reboco e sua aparência final.  
a) Base de alvenaria (30x30x10cm);  
b) Aplicação da camada de base;  
c) Aspecto final do reboco após a aplicação  
das duas camadas: camada de base com 15-  
20mm e camada de acabamento com 6-8mm.



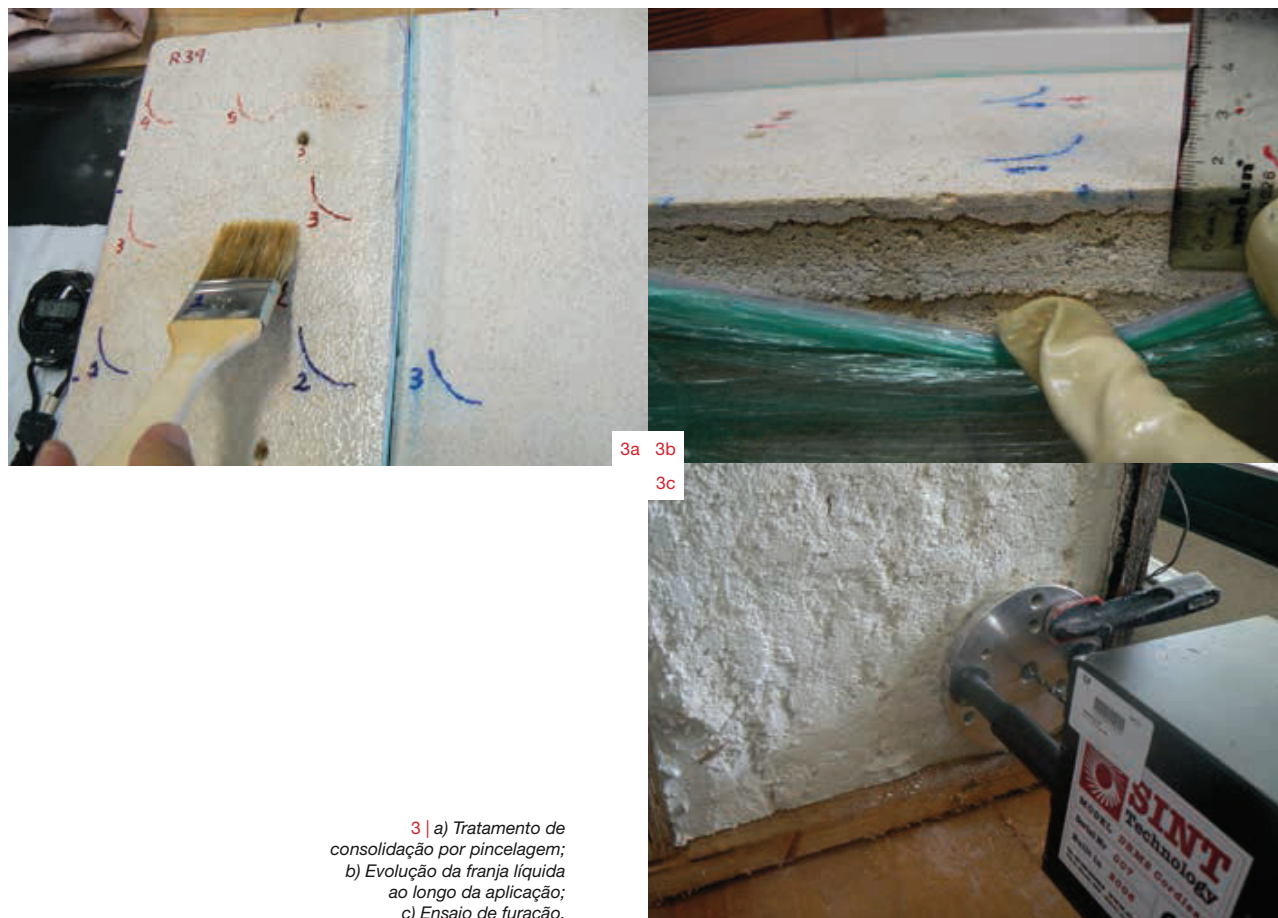
2a



2b



2c



3 | a) Tratamento de consolidação por pincelagem; b) Evolução da franja líquida ao longo da aplicação; c) Ensaio de furação.

A correspondência entre o perfil do ensaio e o respetivo histograma fica evidenciada na cauda do histograma, que representa o valor e a frequência dos picos de força, e também na concavidade do histograma que se localiza na zona de maior concentração dos valores obtidos. Por exemplo, a cauda mais longa do histograma da argamassa A2 deve-se à obtenção de picos de força ( $\bar{F}_d$ ) mais elevados e com maior frequência nesta argamassa devido à maior dimensão do agregado ( $D=2\text{mm}$ ).

## Materials e métodos

A formulação das argamassas foi definida com o objetivo de produzir um protótipo de um reboco de duas camadas (fig. 2), com argamassas semelhantes às presentes nos rebocos antigos. As argamassas foram formuladas com cal aérea CL90 e areia siliciosa (tabela 1).

Os provetes foram conservados em ambiente de laboratório durante 16 meses ( $T=19\pm 2^\circ\text{C}$  e

$\text{HR}=60\pm 5\%$ ), período após o qual foi aplicado o tratamento.

O consolidante KSE100 da Remmers®, à base de silicato de etilo, foi aplicado por pincelagem (fig. 3a) [4]. O tratamento procurou garantir a penetração na totalidade da espessura do reboco mais 10mm no suporte. A avaliação da ação consolidante ocorreu 2 meses após o tratamento.

A avaliação da ação consolidante foi efetuada por comparação dos perfis de resistência à furação em profundidade, com base em 5 ensaios por situação em análise, e dos valores da porosidade das argamassas (Rilem I.1) avaliada em duas amostras, antes e após o tratamento.

Os ensaios de furação foram realizados com o equipamento DRMS Cordless e atravessaram todo o reboco até atingir o suporte (fig. 3c). A furação foi realizada com uma broca de 5mm, de ponta plana diamantada, a 40mm/min e 100rpm.

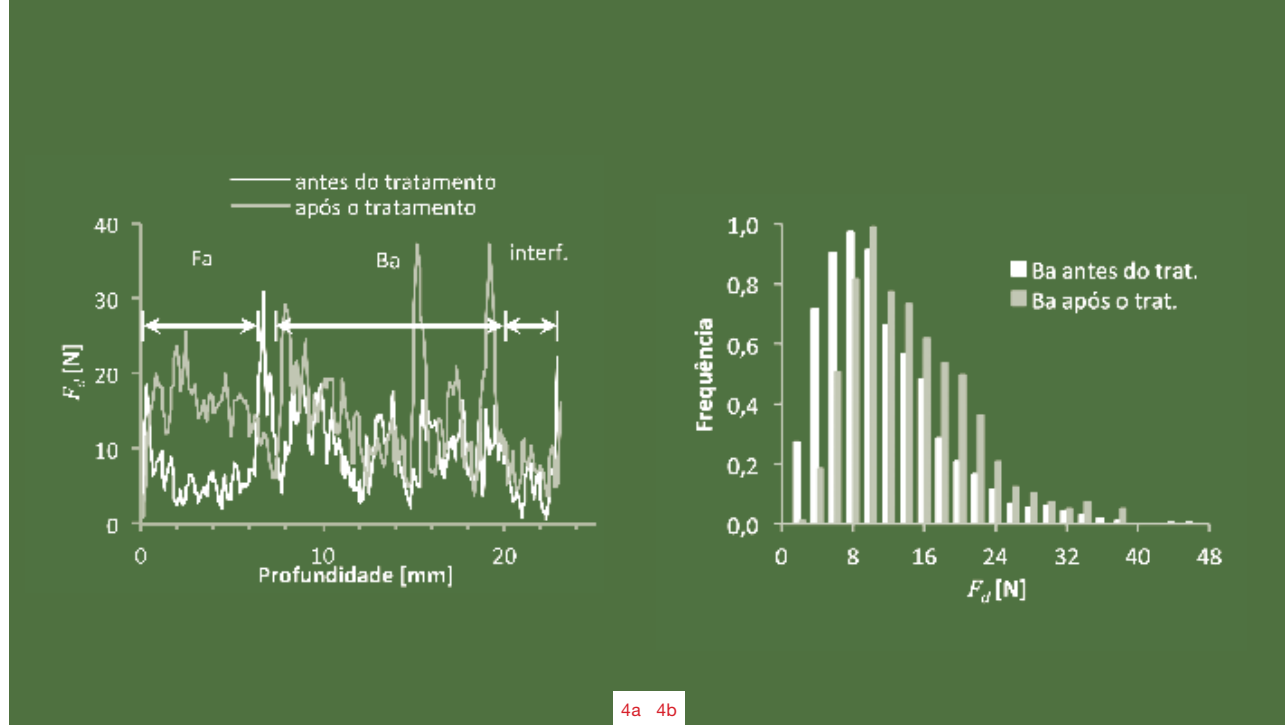
## Resultados e conclusões

Na fig. 4a são apresentados exemplos de perfis de resistência em profundidade obtidos antes e após tratamento do reboco.

A tabela 1 apresenta os valores da força média de furação ( $\bar{F}_d$ ) e da porosidade para cada situação em análise: camada de acabamento (Fa), camada de base (Ba) e interface com o suporte.

Os resultados apontam para um claro incremento de resistência na camada de acabamento (Fa) e uma ação mais incipiente na camada de base (Ba). As alterações na porosidade são consistentes, com uma redução da ordem dos 2% na camada de acabamento (Fa) e a sua manutenção na camada de base (Ba).

A argamassa da camada de base (Ba) é mais heterogênea do que a argamassa da camada de acabamento (Fa). Essa heterogeneidade é a causa da elevada dispersão de  $F_d$  verificada



4 | Perfis da resistência em profundidade (a) e histogramas de  $\bar{F}_d$  registrados na camada de base (b), antes e após o tratamento.

TABELA 1. ARGAMASSAS ESTUDADAS – ANTES E APÓS O TRATAMENTO

Argamassa	Traço vol.	D [mm]	A/cal	Esp. [mm]	QA [kg/m <sup>2</sup> ]	Porosidade [%]		$\bar{F}_d$ (desvio-padrão) [N]	
						Antes	Após	Antes	Após
Fa c. acabamento	1:1	1	1,1	222	4,6	31,2	29,2	6,3 (2,9)	14,4 (4,8)
Ba c. base	1:3	2	1,6	220		25,1	25,1	11,2 (6,7)	14,4 (6,7)
interface	---	---	---	---		---	---	4,3 (3,3)	9,9 (4,9)

Esp. : consistência da argamassa fresca (espalhamento)

QA : quantidade de produto consolidante absorvida

$\bar{F}_d$  : valor médio das forças de furação obtidas em profundidade

na profundidade correspondente à camada de base (Ba), introduzindo alguma incerteza ao valor médio ( $\bar{F}_d$ ) obtido (fig. 4a, tabela 1). No entanto, o recurso aos histogramas dos valores de  $\bar{F}_d$  (fig. 4b) registrados na camada de base (Ba), antes e após tratamento, permite confirmar que o tratamento consolidante promoveu um acréscimo nos valores de força medidos. Muito embora os histogramas (fig. 4b) mantenham sensivelmente a mesma forma, observa-se um desvio para a direita na sequência do tratamento, correspondente ao acréscimo verificado na força média.

O acréscimo de resistência à furação registrada na zona da interface reboco-suporte após

o tratamento permite concluir que a ação consolidante ultrapassou a espessura do reboco e aumentou a qualidade da ligação reboco-suporte. Em síntese, o tratamento revelou-se eficaz, dado que promoveu acréscimo de resistência mecânica em toda a espessura do reboco e na interface reboco-suporte.

### Agradecimentos

O presente estudo foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através da bolsa SFRH/BD/42426/2007. Os autores gostariam ainda de agradecer o apoio facultado pelo ICIST-IST e pela empresa Htecnic. ■

### BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Clifton e G. Frohnsdorff – *Stone-consolidating Materials: A Status Report*, em *Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments*, Washington, DC, The National Academies Press, 1982, p. 379.
- [2] R. Nogueira, A. P. Ferreira Pinto e A. Gomes – *Assessing mechanical behavior and heterogeneity of low-strength mortars by the drilling resistance method*, *Constr.Build.Mater.*, vol. 30, p. 50-62, 2014.
- [3] R. Nogueira, A. Ferreira Pinto e A. Gomes – *The drilling resistance test in the characterization of lime mortar renders in multilayer system*, em 9th International Masonry Conference, Guimarães, 2014.
- [4] A. P. Ferreira Pinto e J. Delgado Rodrigues – *Stone consolidation: The role of treatment procedures*, *J. Cult. Herit.*, vol. 9, p. 38-53, 2008.