

# TERRA EM SEMINÁRIO 2007

V Seminário Arquitectura de Terra em Portugal



---

TERRA BRASIL 2006 - I SEMINÁRIO ARQUITETURA E  
CONSTRUÇÃO COM TERRA NO BRASIL

IV SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL

ARGUMENTUM

# ARGAMASSAS DE CAL AÉREA PARA CONSTRUÇÕES EM TERRA

## Paulina Faria Rodrigues

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa  
2829-516 Caparica, PORTUGAL

Tel.: +351 212 948 580; Fax: +351 212 948 398; E-mail: mpr@fct.unl.pt

**Palavras-chave:** Cal Viva em Pedra, Cal Viva Micronizada, Cal Aérea Hidratada, Cal em Pasta, Argamassa, Caracterização

### Resumo

Grande parte das antigas construções em terra portuguesas apresenta argamassas com base em cal aérea. Estas argamassas chegaram aos nossos dias em condições muito dependentes do tipo de manutenção a que os respectivos edifícios foram sendo sujeitos. No entanto, o comportamento demonstrou ser apropriado à função que desempenham, nomeadamente em termos de compatibilidade com os suportes de terra, tendo em vista a sua protecção.

Com vista à caracterização de diferentes argamassas de cal aérea, prepararam-se diversos tipos de cais apagadas – em pó e em pasta. Realizaram-se várias argamassas e caracterizaram-se provetes de várias composições diferentes, variando a matéria-prima de base (tipo e preparação da cal aérea). Em termos de cais aéreas utilizou-se cal aérea hidratada em pó, comercializada em saco e pastas de cal resultantes da extinção de cal viva em pedra e de cal viva micronizada. No que respeita ao traço, utilizou-se uma proporção volumétrica de uma parte de cal para duas de areia de rio. A areia de rio utilizada foi sempre a mesma areia corrente, para não se ter em conta a variabilidade devida a esse parâmetro.

É frequente a referência em bibliografia internacional às vantagens que advêm do processo de extinção da cal aérea se verificar em períodos de tempo dilatados. Parece ressaltar de forma clara o bom comportamento dos pontos de vista das trabalhabilidades e da resistência aos sulfatos das argamassas realizadas com cais de extinção longa.

### 1. Introdução

As exigências funcionais de argamassas de substituição para edifícios históricos dependem de várias condicionantes e requerem características diversas, que não são facilmente compatibilizadas. Estas argamassas devem conferir uma protecção eficiente aos suportes onde são aplicadas, de forma a evitar o desenvolvimento de processos que podem conduzir à degradação desses substratos. Para tal devem apresentar compatibilidade com esses suportes, em termos mecânicos, físicos e químicos. Simultaneamente as suas características deveriam ser relativamente elevadas, de forma a conferirem resistência à própria degradação das argamassas, particularmente no caso de sais solúveis, tão frequentes em

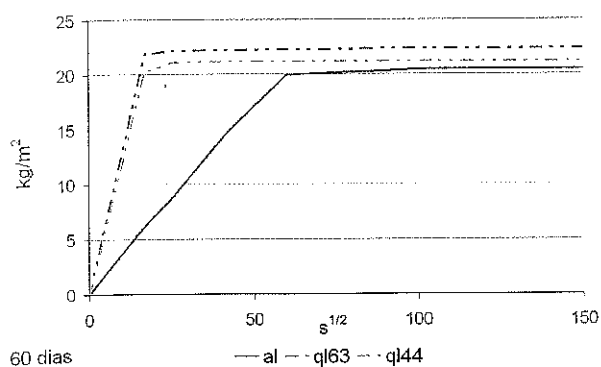
edifícios antigos (Henriques 2004).

A cal aérea tem sido utilizada como ligante em argamassas no património arquitectónico desde períodos muito longínquos (mesmo até pré-históricos). A selecção e preparação do ligante e a execução e aplicação de argamassas de cal aérea, com a consequente tecnologia, foi transmitida através de gerações de aplicadores, ao longo de milénios.

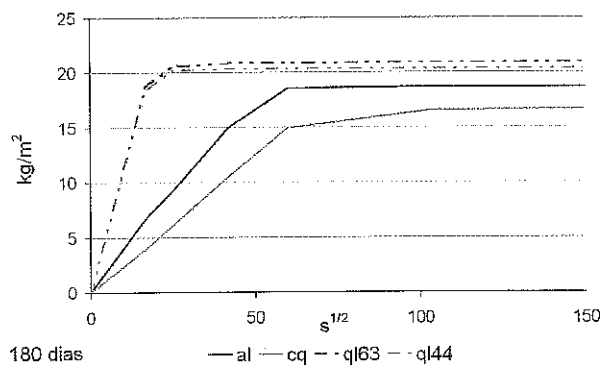
Algumas décadas atrás a utilização de argamassas de cal aérea foi quase abandonada em muitos países da Europa e da América do Norte e a experiência e tecnologias associadas quase se perdeu, especialmente nos países mais desenvolvidos. Esta situação foi principalmente devida a alterações que ocorreram na indústria da construção, associadas à generalização do uso do cimento como ligante de argamassas. Nesse período, a substituição de argamassas de cal aérea por argamassas de cimento, mesmo em edifícios históricos e de tecnologias construtivas específicas – como é o caso da arquitectura de terra –, tornou-se comum. Principalmente nas últimas duas décadas, os profissionais do campo da conservação de edifícios foram tomando consciência dos problemas introduzidos no património arquitectónico devido à utilização de argamassas com base em cimento, e as tecnologias associadas à cal aérea têm voltado a adquirir o seu importante papel na conservação dos edifícios históricos e nomeadamente nos edifícios com tecnologias de terra.

A cal aérea é obtida através da calcinação de rocha calcária com elevado teor em carbonato de cálcio. Obtem-se assim o óxido de cálcio (conhecido como cal viva), que é muito reactivo em presença de água e que só pode ser utilizado como ligante após transformação em hidróxido de cálcio, por extinção com água. Esta extinção ocorre com elevada libertação de calor e grande aumento de volume da cal, por consumo de água.

Antigamente a cal extinta só era utilizada após um longo período de imersão em água, na forma de pasta de cal aérea. Esta tradição, no entanto, foi considerada muitas vezes de difícil compatibilização com as práticas modernas associadas à construção, devido à necessidade prévia de extinção atempada. Tal facto conduziu ao desenvolvimento de uma cal aérea extinta industrialmente de forma rápida e com muito menor quantidade de água (por aspersão em vez de por imersão) e à sua crescente utilização. No entanto, a utilização de cal em pasta de extinção



60 dias — al — cq — ql63 — ql44



180 dias — al — cq — ql63 — ql44

prolongada ainda é frequente em muitos países, tais como a Itália ou a Inglaterra, onde são comercializadas cals em pasta com diferentes idades (correspondentes a distintos períodos de extinção), especialmente para aplicação em argamassas de substituição em intervenções de conservação.

Quando são especificadas argamassas de cal aérea, a bibliografia internacional e a prática recomendam a utilização de cals em pasta resultantes de longos períodos de extinção (Hansen et al 1999). Melhorias ao nível da trabalhabilidade das argamassas frescas – em alguns casos verdadeiramente notável – e ao nível de características das argamassas endurecidas são vantagens geralmente atribuídas a estes produtos devido à redução da dimensão dos cristais de portlandite, ao subsequente incremento da superfície específica e às alterações morfológicas que ocorrem com o envelhecimento das pastas.

As distintas técnicas de produção das cals aéreas conduzem ao desenvolvimento de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  com cristais de dimensões muito diferentes, dependendo de factores tais como a temperatura de cozedura, a reactividade das partículas e as condições de extinção (Rodrigues 2004). Torna-se assim importante caracterizar as diferentes cals aéreas disponíveis e diferenciar as argamassas com elas realizadas.

Em Portugal, a cal não hidráulica pode ser comercializada na forma hidratada (em pó e previamente extinta) e na forma de cal viva micronizada (resultante da simples moagem da cal viva em pedra). Procedeu-se à avaliação das características obtidas com argamassas realizadas com estas cals (a primeira utilizada directamente em pó e a segunda aplicada na forma de pasta), comparativamente a argamassas realizadas a partir de pasta de cal resultante da extinção de cal viva em pedra, do ponto de vista de aplicações que garantam a conservação de paredes de terra.

Por outro lado, as normas de ensaios de caracterização de argamassas existentes foram geralmente desenvolvidas para serem utilizadas em contextos alargados da indústria da construção, vocacionados para a utilização generalizada de argamassas com base em cimento. Esta situação revela vários problemas quando se pretende proceder à caracterização de argamassas com base em cal aérea, uma vez que se tratam de produtos muito distintos. Estudos anteriores mostraram a influência crítica que as especificações de amassadura (em termos de modo e de duração), a cura (relativamente a condições e a períodos) e os métodos de ensaio têm nas características das argamassas (Charola e Henriques 1998; Henriques 1996; Henriques e Charola 1996). Desse facto resultou a necessidade de se desenvolverem e seguirem outras especificações de ensaio, que permitam a efectivamente caracterizar as argamassas aéreas. A campanha experimental foi desenvolvida através da utilização de procedimentos específicos estabelecidos pela equipa de investigação onde se insere a autora e que têm vindo a ser seguidos há mais de uma década.

## 2. Campanha experimental

A maioria das normas de ensaio de argamassas foi desenvolvida

para argamassas hidráulicas (principalmente ao nível das normas europeias EN), o que significa que frequentemente não são adequadas para o ensaio de argamassas aéreas. É por exemplo o caso da preparação de provetes prismáticos deste tipo de argamassas, que nem sequer se conseguem desmoldar se a respectiva norma europeia for seguida (CEN 1999 – EN 101511: 1999). Devido à especificidade deste tipo de argamassas desenvolveram-se e estabeleceram-se procedimentos de ensaio específicos para a natureza e particularidades de argamassas aéreas (Henriques et al 1996-2006). Alguns ensaios foram desenvolvidos de raiz pela equipa (como é o caso do ensaio de resistência aos cloretos) enquanto outros tiveram origem em recomendações existentes (nomeadamente da Comissão 25 – PEM da RILEM (RILEM 1980)). Mais recentemente têm vindo a ser elaboradas normas europeias com base nos mesmos procedimentos (normalmente para ensaio de rochas).

### 2.1 Materiais, preparação e traço das argamassas

No presente estudo utilizaram-se três diferentes tipos de cal: cal aérea hidratada em pó, cal viva micronizada e cal viva em pedra. Todas as cals vieram da mesma região (Alcanede) e foram utilizadas de forma distinta. A cal aérea hidratada foi utilizada directamente, na forma de pó, como se de um ligante hidráulico comum se tratasse (al). A cal viva micronizada foi extinta por imersão em água e utilizada ao fim de 10 meses (cq). A cal viva em pedra foi extinta por imersão em água e utilizada ao fim de 16 meses (ql).

As argamassas foram preparadas em laboratório, com traços volumétricos de 1:2 (um volume de cal aérea para 2 volumes de areia de rio). A areia de rio utilizada como agregado foi sempre do mesmo lote. As designações e proporções volumétricas das argamassas são apresentadas no Quadro 1.

### 2.2 Preparação das amostras e condições de cura

A quantidade de água introduzida foi de molde a obterem-se consistências por espalhamento comparáveis. No caso de argamassas efectuadas com cals em pasta, a trabalhabilidade obtida foi muito boa, mesmo para baixos valores de consistência. No caso de argamassas com cal em pasta proveniente da extinção de cal viva em pedra realizaram-se argamassas com duas consistências distintas (como se pode observar no Quadro 1). A amassadura de todas as argamassas foi realizada em amassadora mecânica de laboratório, mantendo constantes todos os procedimentos, de acordo com a ficha de ensaio Fe19 (Henriques et al 1996-2006), e as argamassas foram compactadas mecanicamente nos moldes com 20 pancadas em cada uma das duas camadas com que estes eram preenchidos. Desta forma consegue-se garantir uma constância de procedimentos, independentemente do aplicador.

Com cada argamassa foram preparados seis provetes de 4cm x 4cm x 16cm. Utilizaram-se moldes metálicos com uma ligeira quantidade de produto descofrante, de forma a garantir condições de desmoldagem. Os provetes foram desmoldados ao fim de três dias e mantidos até à data de ensaio em cura em ambiente condicionado a  $23 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $50 \pm 5\%$  de humidade relativa.

### 2.3 Programa de ensaios a idade jovem e resultados

Antes de serem ensaiados todos os provetes foram secos em estufa a 60°C até atingirem massa constante (variação de massa ao fim de 24 h inferior a 0,1%). As argamassas foram ensaiadas aos 60 dias e 90 ou 180 dias de idade, a fim da evolução das suas características poder ser analisada. Todos os provetes foram utilizados para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico e da resistência à tracção por flexão. Metade de cada um dos provetes foi ensaiada à compressão e o topo resultante de cada um desses provetes foi utilizado para determinação da porosidade aberta e da massa volúmica aparente. A outra metade de cada provete foi utilizada para determinação da absorção capilar e, após secagem e terem atingido de novo massa constante, três metades foram submetidas a ensaio de resistência à acção de cloretos e as outras três a ensaio de resistência aos sulfatos.

#### 2.3.1 Módulo de elasticidade dinâmico e resistências à flexão e compressão

O módulo de elasticidade dinâmico foi obtido por determinação da frequência de ressonância longitudinal, num equipamento específico, de acordo com o preconizado na ficha de ensaio FE08 (Henriques et al 1996-2006) e semelhante ao estipulado na norma europeia EN 14146: 2004 (CEN 2004). As resistências à flexão e à compressão foram determinadas segundo as especificações da ficha de ensaio Fe27 (Henriques et al 1996-2006), semelhante à norma europeia EN 1015-11: 1997 (CEN 1999), numa máquina de tracção universal. Os ensaios de compressão foram realizados em metades de provetes resultantes do ensaio de flexão. Os valores médios de cada determinação de cada argamassa, aos 60 e 90 dias, são apresentados no Quadro 2.

#### 2.3.2 Massa volúmica aparente e porosidade aberta

As determinações da massa volúmica aparente e da porosidade aberta foram realizadas de acordo com o preconizado nas fichas de ensaio Fe01 e 02 (Henriques et al 1996-2006) e na norma europeia EN 1936: 1999 (CEN 1999), por saturação total com água sob vácuo e pesagem hidrostática. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 2.

#### 2.3.3 Absorção de água por capilaridade

A determinação da absorção de água por capilaridade foi conduzida segundo procedimentos definidos na ficha de ensaio Fe06 (Henriques et al 1996-2006), semelhantes aos da norma europeia EN 1925: 1999 (CEN 1999). Os meios provetes foram colocados com o topo em 2 mm de altura de água, sobre papel absorvente, dentro de uma caixa estanque onde tinha sido criado ambiente saturado, de modo a limitar a evaporação de água dos provetes. Registou-se em gráfico a massa de água absorvida por unidade de área da superfície imersa, em função da raiz quadrada do tempo de imersão decorrido, em segundos. A variação de massa foi sendo feita até ser atingido o valor assintótico da absorção. O coeficiente de absorção capilar foi obtido pelo coeficiente angular da curva no gráfico, enquanto o valor assintótico correspondeu à absorção máxima (variações de massa sucessivas inferiores a 1%, em 24h). Para as argamassas em análise, os valores assintóticos foram obtidos às 48h de ensaio. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 2 e na Figura 1, que regista os resultados durante as primeiras 6h 15min.

#### 2.3.4 Resistência aos cloretos

Este ensaio foi desenvolvido pela equipa de investigação, sendo seguidos os procedimentos de ensaio especificados na ficha de ensaio Fe12 (Henriques et al 1996-2006). Os meios provetes em massa constante (secos após terem sido sujeitos ao ensaio de capilaridade) foram imersos durante 24 h numa solução saturada em cloreto de sódio e secos de novo em estufa a 105°C até

**Quadro 1** - Designação, constituição em volume e consistência por espalhamento das argamassas

Argamassa	al	cq	ql63	ql44
al	1			
cq		1		
ql			1	1
Areia de rio	2	2	2	2
Consistência [%]	68	72	63	44

atingirem de novo massa constante. As diferenças entre as massas secas de cada provete após e antes de imersão permitiram a determinação da percentagem de cloretos retidos relativamente à massa seca inicial. Os provetes foram então colocados numa câmara climática onde foram sujeitos a ciclos sucessivos de 12 h a 90% de humidade relativa (HR) e de 12 h a 40% de HR, à temperatura constante de 20°C. Semanalmente determina-se a variação de massa dos provetes. A deterioração dos provetes geralmente ocorre por degradação do material, a partir da superfície. Os resultados da resistência à acção dos cloretos são apresentados no Quadro 2, em termos da percentagem de cloretos retidos e da variação de massa após 30 e 50 ciclos. A Figura 2 regista a variação de massa ocorrida em função do número de ciclos.

#### 2.3.5 Resistência aos sulfatos

A determinação da resistência aos sulfatos foi realizada sobre meios provetes que tinham sido submetidos a ensaio de capilaridade. Este ensaio foi desenvolvido seguindo-se os procedimentos definidos na ficha de ensaio Fe11B (Henriques et al 1996-2006), com base na norma europeia EN 12370:1999 (CEN 1999). Os provetes, em condições de massa constante, foram imersos durante 2 h numa solução a 6% de sulfato de sódio anidro, secos durante 21 h em estufa a 105°C, pesados para aferição da variação de massa e visualização da sua integridade. Estes ciclos de imersão, secagem e pesagem foram repetidos até se completarem 25 ciclos ou à destruição do provete. A degradação de alguns dos provetes ocorreu por rotura interna dos provetes de argamassa. Os resultados, em termos de variação de massa após 5, 15 e 25 ciclos, é apresentada no Quadro 2 e na Figura 3 essa variação de massa é registada em função do número de ciclos.

### 2.4 Programa de ensaios a idade avançada e resultados

Uma segunda fase da campanha de ensaios foi levada a cabo a uma idade mais avançada dos materiais e dos provetes. Foi determinado o teor em água das cais em pasta após um período de extinção de mais de quatro anos. Pedacos dos provetes, mantidos nas condições de cura durante os quatro anos decorridos, foram utilizados para determinação da porosidade aberta e massa volúmica aparente e para observação à lupa binocular.

#### 2.4.1 Análise das cais em pasta

As cais em pasta foram mantidas desde a extinção cobertas por um filme de água. A pasta de cal **cq** apresentava uma consistência cremosa, enquanto a cal em pasta **ql** registava uma consistência mais densa. Esta pasta mantinha a sua forma quando desenformada. No entanto, o teor em água da pasta **cq** era de 53% enquanto o da **ql** era de 60%.

#### 2.4.2 Massa volúmica aparente e porosidade aberta

Os ensaios foram realizados como referido em 2.3.2 em amostras com 4 anos de idade e os resultados apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2** - Módulo de elasticidade dinâmico, resistências à flexão e à compressão, massa volúmica aparente e porosidade aberta, coeficiente de absorção capilar e valor assintótico, retenção de cloretos e variação de massa aos 50 ciclos de ensaio de resistência aos cloretos, variação de massa após 25 ciclos de ensaio de resistência aos sulfatos.

Argamassa	al	cq	ql63	ql44	
E (MPa)	60 d	2050	2450	1150	1250
	90 d	2100	3100	1600	1700
Rf (MPa)	60 d	0,29	0,39	0,15	0,17
	90 d	0,32	0,63	0,23	0,25
Rc (MPa)	60 d	0,46	0,7	0,24	0,34
	90 d	0,75	1,09	0,35	0,47
M <sub>Vap</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	60 d	1720	1670	1550	1590
	90 d	1690	1640	1560	1600
	4 anos	1730	1652	1544	1582
P <sub>ab</sub> (%)	60 d	34	35	40	39
	90 d	35	37	40	37
	4 anos	34	37	41	39
Coef. Capil. (kg/m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> )	60 d	0,43		1,27	1,17
	180 d	0,39	0,26	1,10	1,08
Valor Assint. (kg/m <sup>2</sup> )	60 d	20,7		22,3	21,2
	180 d	18,8	16,9	21	20,5
Ret. cloret. (%)	60 d	4,4		5,2	5
	180 d	4,4	4	5,1	4,8
Var. massa cloret. 50 c. (%)	60 d	-33,4		-10,3	-9,2
	180 d	-43,2	-67	-58,4	-73,4
Var. massa sulf. 25 c. (%)	60 d	-100 (c.8)		-54,1	-43,3
	180 d	-19,7	-51,6	5,4	6,1

### 2.4.3 Observação à lupa binocular

Registaram-se algumas imagens das argamassas com a lupa binocular, de forma a poderem ser visualizadas diferenças em termos de microestrutura das argamassas.

### 3. Discussão dos resultados

Em termos de argamassas para arquitectura de terra, quatro características principais devem ser consideradas:

- absorção e evaporação de água (característica esta geralmente analisada pela determinação da permeabilidade ao vapor de água ou pelo índice de secagem e que não foi sistematizada neste estudo por ser comumente aceite que as argamassa de cal apresentam registos elevados nestes aspectos);
- resistência mecânica (incluindo aderência, que não foi considerada neste estudo);
- resistência aos sais solúveis;
- libertação de sais (que não foi considerado neste estudo por ser conhecido que as argamassas de cal não libertam sais particularmente nocivos).

Estes quatro grupos de características devem ser considerados de dois modos:

a) Características necessárias para garantir a protecção das paredes onde as argamassas são aplicadas (evitando processos de degradação):

- absorção e evaporação da água;
- resistências mecânicas;
- libertação de sais solúveis.

a) Características necessárias para prevenir a degradação das argamassas (aumentando a durabilidade dessas argamassas):

- resistência aos sais solúveis;
- evaporação de água;
- resistências mecânicas.

A compatibilização entre as características das argamassas analisadas deve estabelecer-se de acordo com os parâmetros definidos.

### 3.1 Características necessárias para garantir a protecção das paredes

Em termos da absorção de água por capilaridade podem registar-se dois tipos de comportamentos: a velocidade com que ocorre a absorção de água inicial (medida pelo coeficiente de capilaridade) e o total de água absorvida por capilaridade (definido pelo valor assintótico). Argamassas de cal aérea geralmente apresentam elevados coeficientes de capilaridade e baixos valores assintóticos. Deste ponto de vista, e considerando que todas as argamassas analisadas apresentam boa permeabilidade ao vapor de água, as melhores características são obtidas com as argamassas **cq** e **al**.

A análise das características mecânicas deve ser feita em termos da compatibilidade com as paredes de terra, tradicionalmente com relativamente baixas resistências mecânicas e elevada deformabilidade. Esta questão de compatibilidade com as paredes de terra é assegurada tendo em conta as baixas resistências mecânicas das argamassas de cal aérea e os baixos módulos de elasticidade.

### 3.2 Características necessárias para prevenir a degradação das argamassas

Neste contexto, as resistências mecânicas devem ser analisadas de forma diferente relativamente à expressa antes. De facto, para uma argamassa ser durável deve possuir resistências mecânicas suficientemente elevadas para suportar as agressões a que inevitavelmente vai estar sujeita. Isto significa que as resistências à compressão e particularmente à flexão não devem ser muito baixas e devem ser atingidas num período de tempo razoável. Deste ponto de vista, as melhores características parecem ser atingidas com as argamassas **cq** e **al**.

Em termos das resistências à acção dos sais solúveis consideraram-se os cloretos, de acção principalmente mecânica, e os sulfatos que, em muitos tipos de argamassas combinam a acção química à acção mecânica. No que respeita a resistência à acção dos cloretos, as melhores características foram obtidas com a argamassa **ql63** que apresenta as mais reduzidas perdas de massa. Em termos de resistência à acção de sulfatos, as melhores características foram obtidas com as argamassa **ql** (**ql44** e **ql63**).

### 3.3 Avaliação final

Sobressai da análise anterior que as argamassas **ql** e **al** são as que indiciam melhor comportamento relativamente às características que garantem a protecção das paredes de terra (principalmente em termos da capilaridade) e que as argamassas **ql** indiciam melhor durabilidade intrínseca. Uma vez que se pretende que uma argamassa seja o mais durável possível, sem deixar de garantir as características de protecção da parede onde

está aplicada, as argamassas realizadas com cal em pasta resultante da extinção de cal viva em pedra parecem ser, de entre as analisadas, as potencialmente mais indicadas para aplicação em paredes de terra crua.

### 4. Conclusões

A argamassa de cal aérea hidratada apresenta um bom comportamento nomeadamente em termos da absorção capilar, o que indicia boas características relativamente à protecção conferida às paredes de terra.

A análise de argamassas executadas com cal em pasta de extinção prolongada evidenciou a melhoria das características obtidas, comparativamente às registadas com argamassas de cal aérea hidratada, principalmente no que se refere à trabalhabilidade (e à consistência que permita a aplicação) e em termos de resistência aos cloretos e particularmente aos sulfatos. Relativamente a estes últimos, embora perdas de massa de 40% a 50% sejam elevadas, é relevante o facto de, após essa perda, as argamassas de cal em pasta **ql** permanecerem num estado estacionário, indiciando uma durabilidade satisfatória.

Este tipo de argamassa apresenta uma boa durabilidade, contribuindo para prevenir a degradação causada pelo ataque dos sais solúveis higroscópicos (tão frequentes em arquitecturas de terra) sem colocar em causa a necessária e fundamental função de protecção das próprias paredes.

No entanto, a execução das argamassas de cal aérea e as condições de aplicação em obra têm também uma importância fundamental.

### Bibliografia

- CEN (1999): *Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*, Brussels, CEN, EN 1015-11: 1999.
- CEN (1999): *Natural stone test methods. Determination of real density and apparent density and of total and open porosity*, Brussels, CEN, EN 1936:1999.
- CEN (1999): *Natural stone test methods. Determination of resistance to salt crystallization*, Brussels, CEN, EN 12370: 1999.
- CEN (1999): *Natural stone test methods. Determination of water absorption coefficient by capillary*, Brussels, CEN, EN 1925: 1999.
- CEN (2004): *Natural stone test methods. Determination of the dynamic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)*, Brussels, CEN, EN 14146: 2004.
- CHAROLA, A.E.; HENRIQUES, F.A. (1998): "Lime mortars: same considerations on testing standardization", em R.C McClung (Ed.), *Use and Need for Preservation Standards in Architectural Conservation*, ASTM STP 1355.
- HANSEN, E.; TAGLE, A.; ERDER, E.; BARON, S.; CONNELL, S.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.; VAN BALEN, K. (1999): "Effects of ageing on lime putty", em Bartos, Groot, Hughes (eds.), *Proceedings of PRO 12 - Internacional RILEM Workshop on Historic Mortars: Characteristics and tests*, Paisley, RILEM Publications, pp.197-207.
- HENRIQUES, F.A. (1996): "Test methods for the evaluation of new mortars for old buildings", em *Science and Technology for Cultural Heritage* 5, 57-61.
- HENRIQUES, F.A. (2004): "Replacement mortars in conservation: an overview", em D. Kwiatkowski and R. Löfvendahl (Eds.), *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Stockholm, ICOMOS Sweden, pp. 973-983.
- HENRIQUES, F.A.; CHAROLA, A.E. (1996): "Comparative study of standard test procedures for mortars", em Josef Riederer (ed.), *Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Berlin, pp. 1521-1528.
- HENRIQUES, F.A. et al (1996-2006): *Pedras naturais e artificiais. Análise de argamassas*. Especificações de ensaio. Fe 02, 06, 08, 11 B, 12, 19, 27. DEC/FCT, Universidade Nova de Lisboa.
- RILEM, Commission 25, PEM (1980) : "Essais recommandés pour mesurer l'alteration des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement", em *Materiaux et Constructions* 13 (75).
- RODRIGUES, P.F. (2004): *Argamassas de revestimento para alvenarias antigas. Contribuição para o estudo da influência dos ligantes*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil – Reabilitação do Património Edificado, UNL/FCT, Lisboa.

### Autora

A autora é engenheira civil, mestre em construção e doutorada em reabilitação do património edificado. Trabalhou como investigadora no LNEC desde 1987 e desde 1997 lecciona e

investiga na área dos materiais, da física e das tecnologias construtivas na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.