

Caracterização de argamassas de cal utilizadas em paredes de alvenaria resistentes pertencentes a edifícios “de placa”

Ana Isabel Marques | Bolseira de Doutoramento, LNEC, DED/NRI | aimarques@lnec.pt

Maria do Rosário Veiga | LNEC, Portugal | rveiga@lnec.pt

Paulo Candeias | Investigador Auxiliar Convidado, LNEC, DE/NESDE | pcandeias@lnec.pt

João Gomes Ferreira | Professor Associado, Universidade de Lisboa – Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos, CERIS | joao.gomes.ferreira@tecnico.ulisboa.pt



Os edifícios pertencentes à tipologia dos edifícios “de placa”, construídos entre os anos 20 e 40 do século XX, são compostos maioritariamente por paredes exteriores resistentes de alvenaria de pedra e por paredes interiores de alvenaria de tijolo cerâmico ou de blocos de betão, que suportam os pavimentos de betão armado. As argamassas antigas de cal e areia, utilizadas na construção das paredes de alvenaria destes edifícios, serviam para unir as pedras ou tijolos de alvenaria ou como revestimento de paredes exteriores e interiores, funcionando tanto como elemento estruturante como de proteção das alvenarias existentes. No presente artigo apresentam-se os resultados de uma campanha experimental que teve por objetivo caracterizar estas argamassas.

Caracterização experimental

As amostras recolhidas para serem caracterizadas experimentalmente foram retiradas de um edifício em reabilitação, localizado em Lisboa, cujas paredes de alvenaria resistente são representativas da tipologia de estudo. Dado que parte do edifício se encontrava muito degradado, procedeu-se a demolições localizadas, de onde foi possível retirar essas amostras, conforme se ilustra na fig. 1.

Ensaio para determinação da resistência à compressão

Para quantificar a resistência à compressão de provetes de argamassas irregulares procedeu-se a uma adaptação, para amostras recolhidas *in situ*, do método normalizado preconizado na norma EN 1015-11: 1999 (CEN, 1999). Foram ensaiados provetes de argamassa de revestimento e de assentamento, conforme se ilustra na fig. 2, cujos resultados se sintetizam no quadro 1.

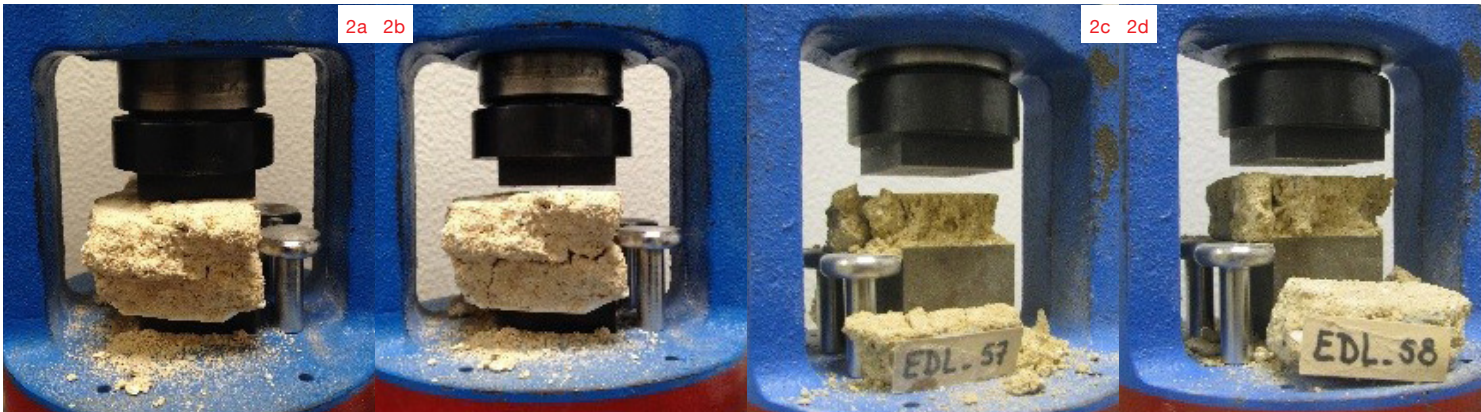
Quadro 1 | Resultado dos ensaios de resistência à compressão da argamassa de assentamento

Identificação dos provetes	Tipo de argamassa	Resistência à compressão [N/mm²]	Deformação na rotura [%]
Ri6/14_EDL_1	Revestimento	0,62	0,11
Ri6/14_EDL_2		1,16	0,08
Ri6/14_EDL_3		0,97	0,05
Ri6/14_EDL_59		2,71	0,05
Ri6/14_EDL_61		2,40	0,09
Ri6/14_EDL_62		1,36	0,05
Média		1,54	0,07
Ri6/14_EDL_20	Assentamento	1,35	0,10
Ri6/14_EDL_55		1,30	0,13
Ri6/14_EDL_57		1,00	0,24
Ri6/14_EDL_58		1,20	0,11
Ri6/14_EDL_60		1,51	0,13
Média		1,27	0,14

- 1 | Remoção de amostras de argamassa.
- 2 | Provetes de argamassa sujeitos ao ensaio de resistência à compressão.

Argamassa de revestimento

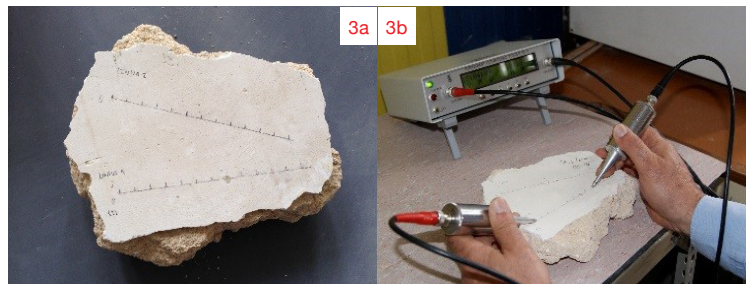
Argamassa de assentamento



Ensaio de medição da velocidade de propagação de ultrassons

O módulo de elasticidade dinâmico das argamassas foi estimado através de ensaios de medição da velocidade de propagação de ultrassons, realizados de acordo com as formulações indicadas na norma NP EN 12504-4 (IPQ, 2007), utilizando o método indireto.

Foram ensaiados provetes de argamassa de assentamento e de revestimento através de 2 alinhamentos, conforme se ilustra na fig. 3a. Os resultados obtidos apresentam-se nas figs. 4 e 5 e sintetizam-se no quadro 2.



Argamassa de revestimento.

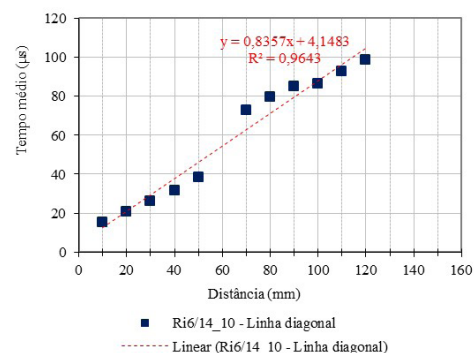
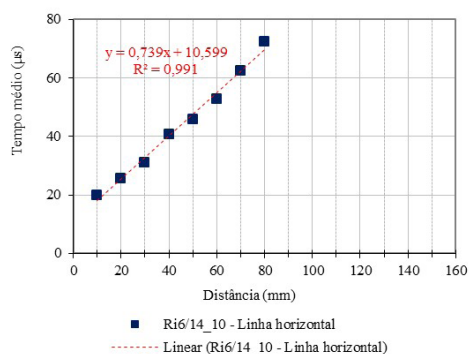


Argamassa de assentamento.

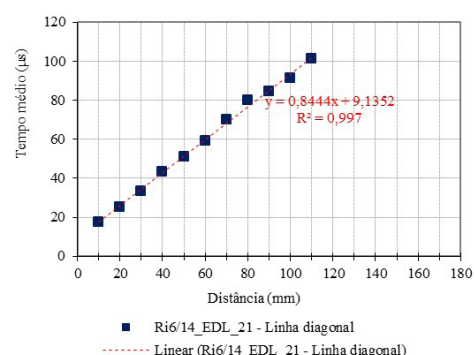
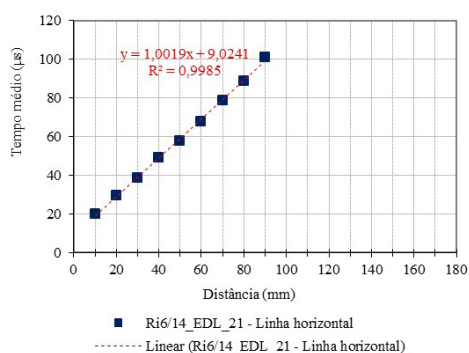
3 | Provede de argamassa: a) identificação da localização do ensaio no provede e b) realização do ensaio.

4 | Resultados obtidos na argamassa de revestimento no ensaio para determinação da velocidade de propagação de ultrassons (material sem anomalias).

5 | Resultados obtidos na argamassa de assentamento no ensaio para determinação da velocidade de propagação de ultrassons (material sem anomalias).



4



5

Quadro 2 | Resultado dos ensaios para determinação da velocidade de propagação de ultrassons

Identificação dos provetes	Direção do alinhamento	Massa volúmica [kg/m³]	Velocidade média [m/s]	Módulo de Elasticidade médio [GPa]
Ri6/14_EDL_10	Linha horizontal	1721	1353	2,84
Ri6/14_EDL_10	Linha diagonal	1721	1197	2,22
Valores médios das argamassas de revestimento			1275	2,53
Ri6/14_EDL_21	Linha horizontal	1886	998	1,69
Ri6/14_EDL_21	Linha diagonal	1886	1184	2,38
Valores médios das argamassas de assentamento			1091	2,04

Ensaio para a determinação de absorção de água por capilaridade e avaliação do comportamento à secagem

A técnica usada para este ensaio foi desenvolvida no LNEC para amostras irregulares e friáveis (Magalhães & Veiga, 2009 e Veiga, *et al.*, 2004).

Os valores médios dos resultados obtidos nos ensaios apresentam-se nos gráficos das figs. 6 e 7 e sintetizam-se no quadro 3.

Ensaio para determinação da porosidade aberta e da massa volúmica aparente

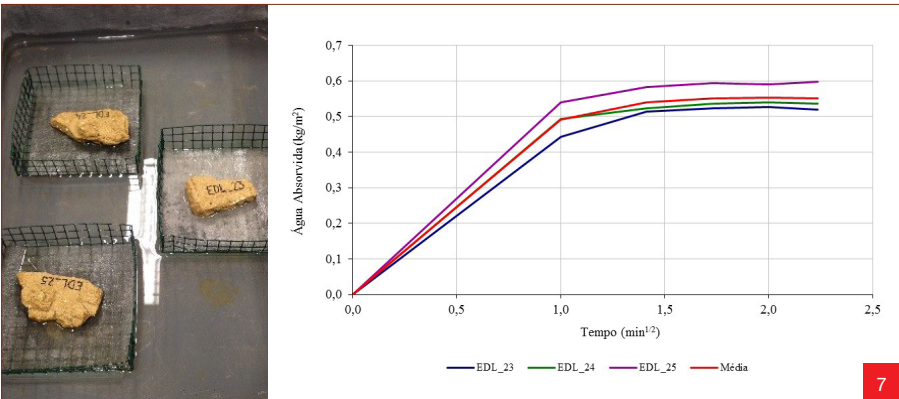
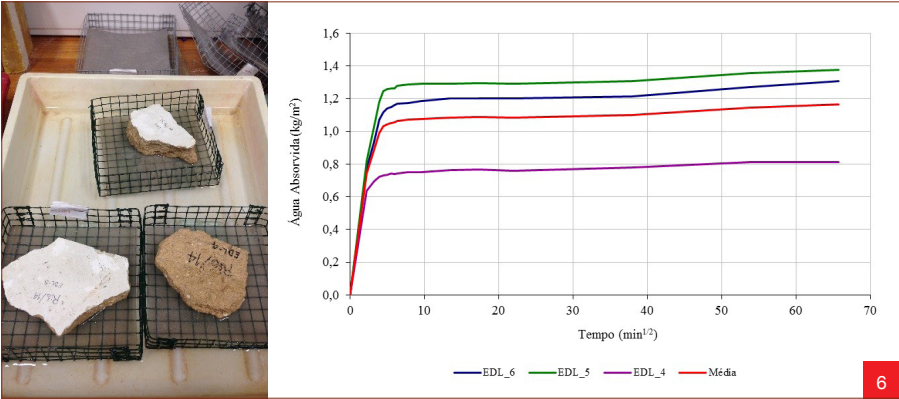
Os procedimentos de ensaio baseiam-se na norma portuguesa NP EN 1936 (IPQ, 2008).

O ensaio foi realizado em três provetes de argamassa de revestimento e quatro provetes de argamassa de assentamento. Os valores médios dos resultados obtidos nos ensaios apresentam-se no quadro 4.

Ensaio de difração de raios-X (DRX)

Foram preparadas e ensaiadas duas amostras de argamassa, uma de revestimento e outra de assentamento. Os difratogramas das argamassas apresentam-se na fig. 8.

Os difratogramas obtidos mostram que as argamassas têm ligante de cal (calcite) e agregado maioritariamente quartzítico (quartzo) com vestígios de caulinite. A argamassa de revestimento mostra ainda algum gesso, provavelmente proveniente de contaminação do estuque de acabamento interior.

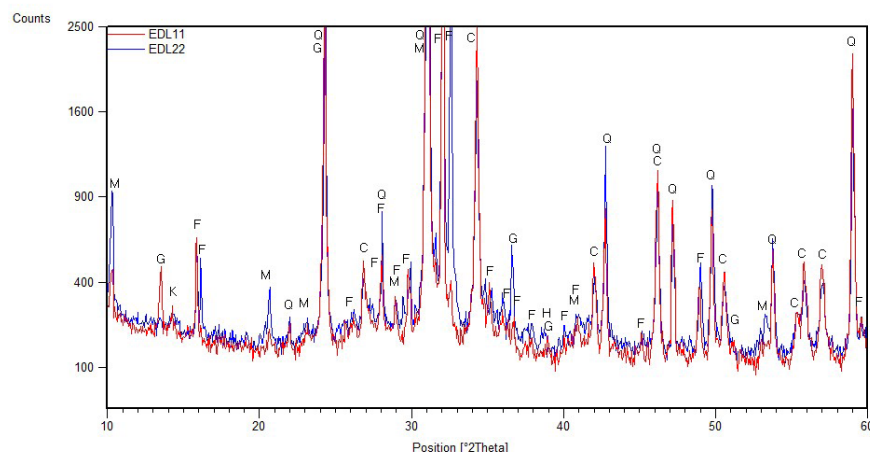


Quadro 3 | Resultado dos ensaios para a determinação de absorção de água por capilaridade e avaliação do comportamento à secagem

	Média do coeficiente de capilaridade aos 5 minutos ($C_{cc_{5min}}$) [kg/m ² .min ^{0.5}]	Média do tempo total de secagem [dias]
Argamassa de revestimento	0,34	4
Argamassa de assentamento	0,49	2

Quadro 4 | Resultado dos ensaios para a determinação da porosidade aberta e da massa volúmica aparente

	Média da porosidade aberta [%]	Média da massa volumica aparente [kg/m³]
Argamassa de revestimento	31,7	1703
Argamassa de assentamento	33,5	1615



8 | *Registo difratométrico dos provetes de argamassa ensaiados.*

Conclusões

Os resultados obtidos mostram que as duas argamassas são do mesmo tipo, com ligante de cal e agregado essencialmente quartzítico, provavelmente provenientes de areeiro, como se verifica pela presença de caulinite.

As argamassas apresentam resistências moderadas e deformações na rotura relativamente elevadas, como expetável neste tipo de material (Veiga, *et al.*, 2010 e Magalhães & Veiga, 2009). Os valores dos módulos de elasticidade dinâmicos são característicos de uma argamassa de cal em bom estado de conservação e sem anomalias relevantes.

As argamassas são bastante permeáveis à água. No entanto, nas argamassas de revestimento a camada de acabamento reduz a velocidade de absorção, traduzindo-se num coeficiente de capilaridade mais baixo que para as

argamassas de assentamento. Os resultados obtidos para porosidade aberta e massa volúmica aparente são concordantes com o tipo de argamassas de cal utilizadas nesta época, com porosidades muito elevadas.

Agradecimientos

Este trabalho insere-se no Projeto de Investigação e Inovação 2013-2020 do LNEC “ReUSE - Revestimentos para Reabilitação: Segurança e Sustentabilidade”. Os autores agradecem a colaboração da empresa de estudos e projetos A2P Consult, Lda., e das empresas Coporgest e HCl Construções, S.A. ■

BIBLIOGRAFIA

- CEN - Comité Europeu de Normalização. (1999). Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. EN 1015-11: 1999. Bruxelas.

IPQ – Instituto Português da Qualidade. (setembro de 2008). *Métodos de ensaio para pedra natural; Determinação das massas volúmicas real e aparente e das porosidades total e aberta*. NP EN 1336: 2008-pt. Caparica.

IPQ – Instituto Português da Qualidade. (2007). *Ensaio do betão nas estruturas Parte 4: Determinação da velocidade de propagação dos ultra-sons*. NP EN 12504-4: 2007-pt. Caparica.

Magalhães, A.; Veiga, M. R. (2009). *Physical and mechanical characterisation of ancient mortars. Application to the evaluation of the state of conservation*. *Materiales de Construcción*, (295), Vol 59: 61-77. doi: 10.3989/mc.2009.41907.

Veiga, M. R.; Fragata, A.; Velosa, A. L.; Magalhães, A. C.;
Margalha, M. G. (2010). *Lime-based mortars: viability for
use as substitution renders in historical buildings*. *International Journal of Architectural Heritage*. (2) Vol. 4, pp.
177-195. Abril-Junho (2010). Philadelphia: Taylor e Francis.
Paulo B. Lourenço e Pere Roca eds. Special Issue. ISSN
1558-3058. DOI: 10.1080/15583050902914678.

Veiga, M. R.; Magalhães, A.; Bosiljkov, V. (julho de 2004). *Capillarity tests on historic mortar samples extracted from site. Methodology and compared results. 13th International Masonry Conference*. Comunicação COM 110. Amsterdam.