

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE ARGAMASSAS DE CAL AÉREA COM RESÍDUOS DE CERÂMICA

Gina Matias<sup>1</sup>

ginamatias@itecons.uc.pt

Isabel Torres<sup>2</sup>

itorres@dec.uc.pt

Paulina Faria<sup>3</sup>

paulina.faria@fct.unl.pt

## Resumo

A reabilitação e manutenção das fachadas antigas requer especial atenção sobretudo porque os materiais atualmente utilizados não correspondem, muitas vezes, aos requisitos exigidos para o efeito. No caso concreto das argamassas de reboco é possível observar com frequência erros associados à escolha dos produtos, que induzem uma degradação acelerada dos revestimentos e particularmente dos respetivos suportes, comprometendo a durabilidade dos sistemas.

Era frequente, no passado, o recurso a argamassas de cal aérea e, em alguns casos, com incorporação de resíduos de cerâmica, que lhes conferiam um desempenho melhorado. Nestas circunstâncias, e tendo em conta o volume de resíduos produzidos pelas indústrias cerâmicas, geralmente depositados em aterro, o desenvolvimento de soluções de argamassas de revestimento com incorporação destes resíduos poderá apresentar-se como uma solução viável, não só do ponto de vista técnico, mas também ambiental.

Este estudo apresenta a caracterização de argamassas de cal aérea ao traço 1:2 e 1:3 com resíduos de cerâmica, destinadas à reabilitação de rebocos de edifícios, no que respeita ao comportamento face à presença de água. Verifica-se que a introdução de resíduos conduziu ao aumento da resistência à difusão do vapor de água, da absorção de água por capilaridade e da porosidade aberta e à redução da capacidade de secagem. No entanto as diferenças face às argamassas de referência só de cal foram geralmente pouco significativas, pelo que particularmente as argamassas ao traço 1:2 com resíduos indiciam ser adequadas para aplicação em edifícios antigos.

*Palavras-chave:* Argamassa de reabilitação, Resíduo de cerâmica, Cal aérea, Caracterização física, Durabilidade.

---

<sup>1</sup> Doutoranda na especialidade de Construções, pela FCTUC, e Técnica Superior no ITeCons, UC, Coimbra.

<sup>2</sup> Professora Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

<sup>3</sup> Professora Associada, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

# 1 Introdução

As argamassas utilizadas para reparação e substituição de rebocos antigos deverão respeitar várias condicionantes, no sentido de otimizar o seu comportamento e de evitar a degradação de todos os elementos pré-existentes. Vários autores definiram, com base em estudos desenvolvidos sobre argamassas antigas e através da sua reprodução em laboratório, as principais características das argamassas antigas, bem como os requisitos fundamentais que novas argamassas a aplicar em reabilitação devem apresentar [1]. Garantir a semelhança dos materiais utilizados na composição das argamassas novas de substituição aos habitualmente aplicados nas argamassas antigas é um dos aspetos mais importantes a considerar. Era comum, no passado, o recurso a argamassas de cal com incorporação de resíduos de elementos cerâmicos e outros tipos de argilas submetidas a tratamento térmico [2, 3], pelo que a inclusão de resíduos da indústria cerâmica poderá ser uma solução para a produção de argamassas de reabilitação de edifícios antigos [1]. Este tipo de materiais, quando incorporado nas argamassas de cal, poderá desempenhar, não só, a função de pozolana (em condições específicas, associadas ao tratamento térmico das argilas e às características geométricas e físicas do material) [4], mas também de agregado [5]. O recurso aos resíduos de cerâmica trará, deste modo, benefícios a nível técnico, pela melhoria do desempenho de argamassas comuns de cal aérea, mas também a nível ambiental e económico.

Os resultados apresentados inserem-se num estudo desenvolvido com o intuito de analisar a viabilidade da incorporação de resíduos recolhidos em indústrias de cerâmica em argamassas de cal para a reabilitação de edifícios antigos [6]. Foram analisadas argamassas de cal aérea hidratada com a incorporação de resíduos, após moagem, em substituição parcial do agregado comum. Foi avaliado o comportamento físico destas argamassas. São apresentados os resultados obtidos em termos de permeabilidade ao vapor de água, absorção de água por capilaridade, porosidade aberta e secagem, aos 60 dias de cura.

## 2 Desenvolvimento Experimental

### 2.1 Materiais, composições e comportamento no estado fresco

Foram recolhidos, em indústrias da região centro de Portugal, resíduos de produtos cerâmicos que, após caracterização detalhada e moagem, foram criteriosamente selecionados para incorporação nas argamassas de cal aérea [1]. Resultaram, desta seleção, resíduos de tijolos (B), telhas (T) e vasos decorativos (P). Após moagem com um moinho de maxilas, com um crivo de 10 mm, os resíduos foram incorporados em argamassas de cal aérea hidratada, CL90, da marca Lusical, em substituição de 40 % do volume do agregado (H), uma

areia de rio siliciosa. Verificou-se, através da análise granulométrica dos resíduos [6], que cerca de 10 % do material analisado corresponde a partículas com dimensões inferiores a 0,063 mm, inexistente no caso da areia de rio. Foram utilizados os traços volumétricos de 1:2 e 1:3 e foram preparadas argamassas de referência, sem resíduos. As composições analisadas são apresentadas na Tabela 1, onde são também indicados os valores obtidos para a consistência por espalhamento (determinada segundo a norma EN 1015-3) e a relação mássica água/ligante. Todas as argamassas foram preparadas com vista a obter uma consistência por espalhamento da ordem dos  $155 \pm 10$  mm.

Tabela 1: Traço volumétrico, espalhamento e relação água/ligante.

	CL90	Resíduos			Areia	Espalhamento [mm]	Relação água/ligante
		B	T	P			
<b>3R</b>	1	-	-	-	3	147,6	2,21
<b>3HB</b>	1	1,2	-	-	1,8	152,9	2,56
<b>3HT</b>	1	-	1,2	-	1,8	153,2	2,35
<b>3HP</b>	1	-	-	1,2	1,8	151,0	2,63
<b>2R</b>	1	-	-	-	2	164,8	1,66
<b>2HB</b>	-	0,8	-	-	1,2	164,3	1,87
<b>2HT</b>	-	-	0,8	-	1,2	148,2	1,66
<b>2HP</b>	-	-	-	0,8	1,2	156,1	1,51

## 2.2 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada segundo a norma ISO 12572:2001. Optou-se pelo método da tina húmida e foram realizados ensaios aos 60 dias a provetes com um diâmetro de 100 mm e uma espessura aproximada de 16 mm. Foi determinada a permeabilidade ao vapor de água, a resistência à difusão do vapor de água e a espessura da camada de ar equivalente. Na Figura 1 apresentam-se os resultados para a espessura de camada de ar equivalente.

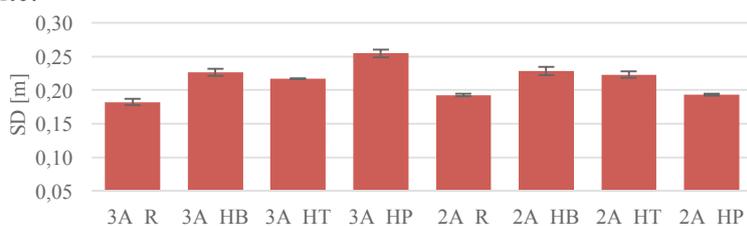


Figura 1: Espessura da camada de ar equivalente.

Verifica-se que as argamassas com incorporação de resíduos apresentam espessuras da camada de ar equivalente superiores às das argamassas de referência e, como tal, resistências à difusão do vapor de água superiores. Este facto poderá estar associado à quantidade superior de finos das argamassas com resíduos que potenciarão a colmatação dos poros. Contudo, as diferenças observadas são consideradas pouco significativas. Não foram detetadas diferen-

ças significativas no que respeita ao traço volumétrico utilizado nem ao tipo de resíduo incorporado.

### 2.3 Absorção de água por capilaridade

A determinação da absorção de água por capilaridade foi efetuada segundo as indicações das normas EN 1015-18 e EN 15801, com uma das metades dos provetes resultantes do ensaio de determinação da resistência à flexão (não contemplado neste estudo), com dimensões aproximadas de 40 mm x 40 mm x 80 mm. Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos para o coeficiente de capilaridade na fase inicial de contacto com o filme de água. São também representados os desvios padrão.

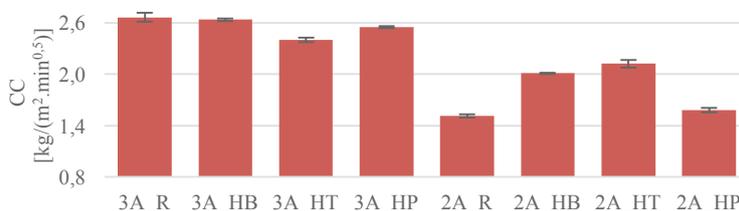


Figura 2: Coeficiente de capilaridade.

As argamassas com traço 1:3 apresentam coeficientes de capilaridade superiores às restantes. Neste grupo não se registam diferenças significativas no que respeita ao tipo de resíduo que constitui cada argamassa nem relativamente à argamassa de referência. No caso das argamassas com traço 1:2, a inclusão de resíduos leva, em regra, a um aumento, ainda que ligeiro, do coeficiente de capilaridade. Este aumento deverá estar associado, não só à estrutura mais densa das argamassas com resíduos, pela existência de uma quantidade superior de finos, mas também à capacidade de absorção de água dos resíduos, superior à da areia de rio [1]. As argamassas com traço 1:2 apresentam resultados inferiores e, por isso, indiciam ser as mais adequadas para o propósito pretendido. A argamassa com incorporação de resíduos de vaso decorativo é a que apresenta o melhor desempenho.

### 2.4 Secagem

O índice de secagem, que traduz a capacidade de secagem das argamassas, foi determinado segundo a recomendação RILEM n.ºII.5 de 1980, para determinação da curva de evaporação e o procedimento simplificado definido por Grilo et al. [7]. Foram ensaiadas as metades dos prismas utilizados para a determinação da absorção de água por capilaridade, após saturação completa. Na Figura 3 são apresentados os resultados obtidos bem como os desvios padrão. A análise dos resultados obtidos permite verificar que a incorporação de resí-

duos nas argamassas de cal aérea hidratada se traduz na redução da capacidade de secagem total das argamassas. A capacidade de secagem inferior das argamassas com resíduos poderá estar relacionada, uma, vez mais, com a estrutura porosa das argamassas: uma quantidade superior de finos conduz a uma estrutura menos porosa e, como tal, com uma resistência superior à movimentação de água no interior do provete.

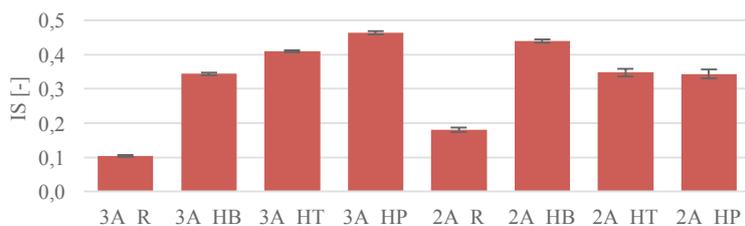


Figura 3: Índice de secagem.

## 2.5 Porosidade aberta

A porosidade aberta das argamassas foi determinada segundo as indicações da norma NP EN 1936. Os resultados obtidos para  $\rho_0$ , que traduz a relação entre o volume total de poros abertos e o volume aparente dos provetes, são apresentados na Figura 4, bem como os respetivos desvios padrão.

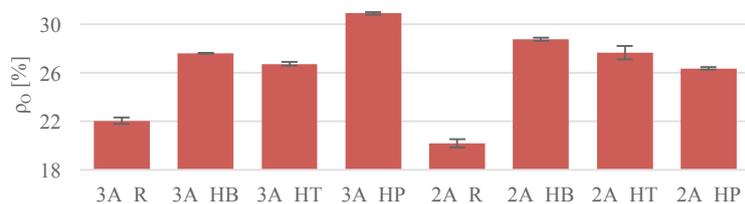


Figura 4: Porosidade aberta

A análise da Figura 4 permite verificar que a presença de resíduos nas argamassas leva a um aumento da porosidade aberta. Este aumento é mais significativo no caso das argamassas com traço 1:2. Não é observado um comportamento homogêneo no que respeita à origem dos resíduos. Considerando os resultados obtidos, a menor permeabilidade ao vapor de água, a maior absorção de água por capilaridade e a menor capacidade de secagem das argamassas com incorporação de resíduos face às argamassas de referência poderão estar associadas à existência, de poros de menores dimensões. No entanto esta hipótese só poderá ser confirmada através de análise da porometria.

## 3 Conclusões

No estudo apresentado foi analisado preliminarmente o comportamento físico de argamassas de cal aérea com resíduos de cerâmica. Verificou-se que a

introdução de resíduos em substituição do agregado levou ao aumento da resistência à difusão do vapor de água e da absorção de água por capilaridade e à redução da capacidade de secagem. As argamassas com resíduos apresentaram, contudo, porosidades abertas superiores. As diferenças registadas face às argamassas de referência só de cal aérea são pouco acentuadas, pelo que se considera que as composições estudadas poderão ser adequadas para aplicação na reabilitação de edifícios antigos, com vantagens para as argamassas ao traço 1:2 com resíduo de vasos decorativos.

## 4 Agradecimentos

Agradece-se o apoio ao projeto EMSURE CENTRO-07-0224-FEDER-002004 e ao projeto FCT PTDC/ECMCOM/3080/2012 – Development and optimization of a higroadjustable system for drying out buildings after a flood.

## 5 Bibliografia

- [1] Matias, G.; Faria, P.; Torres, I. Lime mortars with heat treated clays and ceramic waste: A review. *Construction and Building Materials* 2014, vol. 73, pp. 125-136.
- [2] Baronio, G.; Binda, L.; Lombardini, N. The role of brick pebbles and dust in conglomerates based on hydrated lime and crushed bricks. *Construction and Building Materials* 1997, vol. 11, pp. 33-40.
- [3] Vejmelková, E. et al. Properties of lime composites containing a new type of pozzolana for the improvement of strength and durability. *Composites Part B: Engineering* 2012, vol. 43, pp. 3534-3540.
- [4] Moropoulou, A.; Bakolas, A.; Anagnostopoulou, S. Evaluation of pozzolanic activity of natural and artificial pozzolans by thermal analysis. *Thermochimica Acta* 2004, vol. 420, pp. 135-140.
- [5] Böke, H. et al. Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters. *Cement and Concrete Research* 2006, vol. 36, pp. 1115-1122.
- [6] Matias, G.; Faria, P.; Torres, I. Lime mortars with ceramic wastes: Characterization of components. *Construction and Building Materials* 2014, vol. 73, pp. 523-534.
- [7] Grilo, J. et al. New natural hydraulic lime mortars. Physical and microstructural properties in different curing conditions. *Construction and Building Materials* 2014, vol. 54, pp. 378-384.