

## Estudo das argamassas do Cais das Colunas (Séc. XVIII), Lisboa, Portugal

A.C. Antunes<sup>(1)</sup>, J. Coroado<sup>(2)</sup>, A. Santos Silva<sup>(3)</sup>, M.R. Veiga<sup>(4)</sup>



(1) *GeoBioTec - Univ. Aveiro; ARTis - Univ. Lisboa, Portugal, aca.heritage@gmail.com*

(2) *GeoBioTec - Univ. Aveiro; Inst. Politécnico Tomar, Portugal, jcoroado@ipt.pt*

(3) *LNEC, Portugal, ssilva@lnec.pt*

(3) *LNEC, Portugal, rveiga@lnec.pt*

### Resumo

O Cais das Colunas é o único cais monumental construído, em Lisboa, no âmbito do projeto de reconstrução da cidade depois do terramoto de 1755. O cais foi parcialmente desmontado em 1997 e reconstruído em 2008. Durante os trabalhos de reposição foram recolhidas amostras de argamassas originais, datáveis das décadas de 1770 a 1790, do núcleo do embarcadouro, tendo em vista o seu estudo e caracterização.

A metodologia analítica envolveu a realização de ensaios químicos, mineralógicos e físicos, nomeadamente de espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), difração de raios X (DRX) e absorção capilar por contacto (ACC). Os resultados obtidos foram comparados com os de argamassas de período cronológico e localização congéneres, confirmando-se a sua consonância, nomeadamente do uso, para a formulação das argamassas, de areias locais e da cal aérea como ligante.

Palavras-chave: Argamassas; Cal; Caracterização; Ambiente marinho; Séc. XVIII

## Introdução

A Praça do Comércio, em Lisboa, foi planeada e construída depois do grande terramoto de 1755, correspondendo a sua área à expansão do antigo Terreiro do Paço por aterro da margem do rio Tejo (Figura 1). Em 1910, a Praça do Comércio, incluindo todas as edificações, a estátua equestre de D. José I e o Cais das Colunas (Figura 2), foi classificada como Património Nacional.

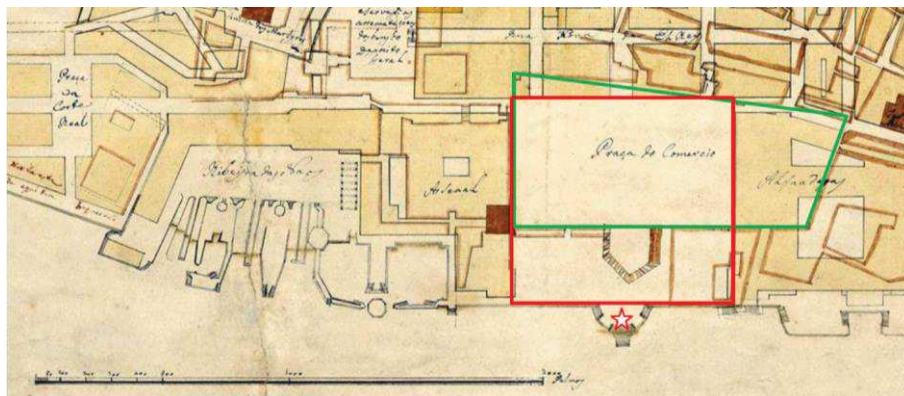


Figura 1: Áreas da Praça do Comércio (a vermelho) e do Terreiro do Paço (a verde), e o Cais das Colunas (assinalado com estrela). Aplicação sobre pormenor de [Eugénio dos Santos e Carvalho; Carlos Mardel], *Esboço da planta preparatória ou correcção*. [1756]. (Instituto Geográfico Português, Imagem 0354. Publicado em Lisboa Setecentista: a ordem nascida do caos, DVD, Lisboa, Arquivo Municipal de Lisboa, 2012.)



Figura 2: O Cais das Colunas em 2016 (foto ACA)



Figura 3: Litografia da Praça do Comércio, revelando o Cais das Colunas e os embarcadouros laterais, datável de entre 1862 e 1873. (Biblioteca Nacional Digital, PURL 23102)

A construção do *caes da Praça do Commercio* - uma muralha com cerca de 200 metros de comprimento integrando dois pequenos embarcadouros laterais ladeando o Cais das

Colunas (Figura 3), o único que subsiste, desenvolveu-se entre as décadas de 1760 e 1790. Aliás, foi este, por excelência, o período de grande impulso na reconstrução da cidade.

O embarcadouro detém elevado valor histórico-cultural (Antunes, 2011), tendo ao longo da sua existência sido o local de embarque e desembarque de inúmeras personalidades (Antunes, 2014). É atravessado por três galerias transversais, e tem como dimensões principais: 50,8 m de comprimento, variando a largura entre 12,4 e 44,2 m; as atuais colunas têm 6,2 m de altura.

Em meados da década de 1990, o projeto de expansão da Linha Azul do metropolitano de Lisboa determinou que o monumento fosse parcialmente desmontado - o que ocorreu em 1997. Em setembro de 2008 finalizou-se a conclusão da empreitada de reposição. Durante os trabalhos de reconstrução foram recolhidas amostras de argamassas, entre outros materiais, com vista à sua futura caracterização.

A reconstrução da cidade foi acompanhada de inúmeras reparações em fortificações marítimas ao longo das margens do rio Tejo. A preparação de argamassas adequadas a ambiente marinhos e/ou húmidos terá cumprido protocolos específicos uma vez que estes ambientes são propiciadores de formas particulares de degradação das construções.

A caracterização preliminar das argamassas recolhidas - publicada em 2013 (Antunes 2013) e aqui reanalisada - é complementada pela confrontação com os dados obtidos nos estudos de argamassas históricas, do mesmo período cronológico, em particular provenientes de ambientes húmidos e com salinidade (Magalhães, 2009; Veiga, 2012; Borges, 2014).

## Materiais e métodos

### Amostras

As três amostras recolhidas (MO1, MO2 e MO3), de argamassas produzidas e aplicadas nas décadas de 1770 a 1790, provêm do núcleo do cais (Figura 4) e foram recolhidas em 2008, durante a empreitada de reconstrução.



Figura 4: Locais de recolha de amostras no núcleo do Cais das Colunas. Alçado nascente, 2008.



Figura 5: Amostras de argamassas do Cais das Colunas: a - MO1; b - MO2; c - MO3.

A observação macroscópica das amostras (Figura 5) revelou textura e composição homogêneas, com agregados arredondados e a presença de nódulos de cal, bem como elevada consistência.

### Métodos de caracterização

Foi realizada a caracterização mineralógica, química e granulométrica, da areia, das amostras, e foi determinado o seu coeficiente de absorção de água por capilaridade (Antunes, 2013), seguindo a metodologia recomendada em estudos de referência sobre a caracterização de argamassas históricas (Veiga, 2011; Candeias, 2005).

Antes das análises de difração de raios X (DRX) e de espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), as amostras foram secas a 60°C e moídas em moinho de ágata. As análises de DRX foram realizadas num difratómetro Philips X'Pert PW 3040/60, utilizando a radiação CuK $\alpha$  e a identificação das fases cristalinas recorreu às fichas de minerais publicadas pela International Centre for Diffraction Data Powder Diffraction Files (ICDD PDF). As análises de FRX foram realizadas utilizando um espectrómetro de raios X Philips PW 1410/00, usando a radiação CrK $\alpha$ ; os valores de perdas ao rubro foram obtidos pelo aquecimento das amostras a 1000°C por 3 horas (Antunes, 2013).

O procedimento do ensaio de absorção de água por capilaridade (ACC) baseou-se na Norma Europeia EN 15801 (*Conservation of cultural property - Test methods - Determination of water absorption by capillarity*) e em estudos de referência sobre ensaios de capilaridade em argamassas históricas (Veiga, 2004). O princípio é o da determinação da quantidade de água que a superfície duma amostra absorve, por capilaridade, quando está em contacto com a água. As amostras foram previamente secas a 60 °C, até massa constante, sendo colocadas sobre um geotêxtil e pesadas (Figura 6), periodicamente, aos 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240 e 270 minutos (Antunes, 2013).



Figura 6: Pormenores do ensaio de absorção de água por capilaridade, nos Laboratórios da Universidade de Aveiro.

A razão ligante/agregado (traço ponderal) foi determinada pela dissolução de argamassa MO2 por ataque por ácido clorídrico, seguindo o método de Jedrzejewska (Jedrzejewska, 1960). Este processo é limitado a argamassas com areia siliciosa e requer cuidado na interpretação pois o ataque com ácido dissolve agregados calcários e pode, assim, distorcer os resultados (Candeias, 2005). Seguiu-se a lavagem e secagem, a baixa temperatura, do resíduo insolúvel até massa constante, a que se seguiu a separação do agregado em peneiros normalizados ASTM com malhas de 4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 e 0.063 mm de abertura, seguindo a EN 933-1 (*Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method*).

### Análise comparativa de resultados - Discussão

Os resultados de caracterização do estudo das argamassas do núcleo do Cais das Colunas em Lisboa são comparados com os de argamassas de assentamento, revestimento e reboco de várias construções militares de alvenaria de pedra situadas na barra do Tejo entre Lisboa e Cascais (Magalhães, 2009; Veiga, 2012; Borges, 2014).

Quadro 1: Características das argamassas do Cais das Colunas e de construções militares de alvenaria de pedra da barra do Tejo

Identificação da construção	Datação provável	Identificação da amostra	Função da argamassa	Composição e traço ponderal da argamassa	Coef. de Capilaridade por contacto aos 5 min. (kg/m <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Fonte
Cais das Colunas (Lisboa)	1770-1790	MO1	Enchimento	Cal calcítica: agregado silicioso [MO2] 1:1,4	Cc=1,9	(Antunes, 2013)
		MO2			Cc=3,1	
		MO3			Cc=5,7	
Forte de Santa Marta (Cascais)	Séc. XVII	ND	Revestimento	Cal calcítica: agregado silicioso e calcário 1:1,5 (int) 1:1,8 (ext)	Cc=0,4 (int) Cc=0,6 (ext)	(Veiga, 2012)
	Séc. XVII	FSM AM01	ND	ND	Cc=5,7	(Magalhães, 2009)
		FSM AM02b	ND	ND	Cc=6,8	
		FSM zona1	ND	ND	Cc=3,4	
		SM1	Revestimento (interior)	Cal calcítica: agregado silicioso	ND	(Borges, 2014)
	SM2	Revestimento (exterior)	ND			
Forte de S. Bruno (Caxias)	Séc. XVII	ND	Revestimento	Cal aérea: agregados silicioso e calcário; produtos de alreação (reação hidráulica)	Cc=0,2	(Veiga, 2012)
		FSB	ND	ND	Cc=1,4	(Magalhães, 2009)
Forte de N. Sra. da Luz (Cascais)	Séc. XV-XVI	NSL-TJ1-I	Revestimento-reboco	Cal calcítica: agregado silicioso e basáltico 1:2	Cc=3,8	(Veiga, 2012)
	Séc. XV-XVI	NSL-TJ2	Assentamento	Cal calcítica: agregado silicioso c/ conchas, carvão e basalto	Cc=6,2	
	Séc. XVIII-XIX	NSL-BS5	Assentamento	Cal dolomítica: agregado silicioso c/ conchas e carvão 1:2	Cc=3,2	
	Séc. XVII-XVIII	NSL MS9	Reboco	Cal calcítica : agregado silicioso c/ conchas e carvão e compostos hid. 1:2	Cc=2,0	
Forte de São Julião (Carcavelos)	Séc. XVI	FSJB	ND	ND	Cc=10,9	(Magalhães, 2009)
Forte do Bugio (Oeiras)	Séc. XVI	BSM	ND	ND	Cc=9,1	(Magalhães, 2009)
		BIM	ND	ND	Cc=32,3	

ND - não disponível

A composição mineralógica obtida por DRX mostrou que as argamassas do Cais das Colunas são principalmente compostas por quartzo (ICDD PDF33-1161) e calcite (ICDD PDF 5-586), e ainda com vestígios de feldspato potássico (microclina ICDD PDF 22-687) e gesso (ICDD PDF 33-0311). A fração correspondente aos agregados é constituída por quartzo e feldspato, elementos originários de sedimentos próximos do local da construção. A presença de vestígios de gesso estará relacionada com o ambiente salino. Não foram observadas fases hidráulicas nas amostras analisadas (Antunes, 2013).

A análise química através de FRX demonstrou que os principais componentes das argamassas do Cais das Colunas são o silício e o cálcio, elementos relativos ao quartzo e à calcite, o que corrobora a análise por DRX. Para além destes elementos, os outros elementos maiores são o alumínio, relacionado com a presença de feldspato potássico, e o enxofre, devido à presença de fase gesso como constatado na DRX. Os resultados de FRX confirmam que o quartzo e o feldspato estão relacionados com o componente agregado e a calcite com o componente ligante (Antunes, 2013).

A comparação dos resultados obtidos pelas argamassas do Cais das Colunas com aquelas de períodos cronológicos e localizações congéneres (Quadro 1) permite indicar que as argamassas do cais são compostas pelo ligante aéreo mais comum - de natureza calcítica - e agregados siliciosos.

Dado que a amostra MO2 era macroscopicamente muito semelhante às restantes amostras do Cais das Colunas, considerou-se ser representativa da generalidade das amostras recolhidas e como tal foi a selecionada para análise do traço.

O teor obtido de agregado da amostra MO2, em peso de amostra seca, foi de 85%. Considerando que o volume específico da cal é  $350 \text{ Kg/m}^3$  e dos agregados siliciosos é de  $1400 \text{ Kg/m}^3$ , o traço em volume estimado seria de 1:1,4. Este valor indica menor preponderância de agregados do que a generalidade das amostras relativas a argamassas de construções militares de alvenaria de pedra (Quadro 1). A amostra estudada corresponde a argamassa utilizada para a formação do maciço do núcleo do Cais das Colunas, em conjugação com fragmentos pétreos e cerâmicos de grandes dimensões, cumprindo, assim, função diferente da das amostras recolhidas nas referidas construções militares.

O valor da absorção de água obtida pelo método de contacto revelou existir grande semelhança entre as várias amostras do Cais das Colunas. Por outro lado, estes valores não diferem em grande medida da maioria das composições verificadas nas restantes amostras analisadas provenientes de fortificações da barra do Tejo.

## Conclusões

Do conjunto dos estudos orientados para a caracterização composicional das argamassas usadas à época nas fortificações marítimas da zona de Lisboa, verifica-se que as argamassas de enchimento do Cais das Colunas são composicionalmente semelhantes, quer em termos dos agregados como do ligante, que é uma cal aérea calcítica.

Os valores do coeficiente de absorção capilar mostram algumas diferenças entre as várias amostras, que deverão estar associadas a diferenças texturais (de porosidade) e também resultantes de envelhecimento destes materiais.

À semelhança do verificado nos estudos citados, as argamassas do Cais das Colunas não revelam a presença de ligantes ou componentes hidráulicos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia - Programa Operacional Potencial Humano; assim como o apoio laboratorial da

Universidade de Aveiro, prestado por Cristiana Costa, Maria Cristina Sequeira, Denise Terroso e Ana Quintela.

## Referências bibliográficas

Antunes, A.C. (2011). O Cais das Colunas, Lisboa, Portugal - de embarcadouro a monumento. Actas do Simpósio Património em construção - contextos para a sua preservação (ed. J. Delgado Rodrigues e S.M.R. Pereira). Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Novembro de 2011, 319-326.

Antunes, A.C.; Coroado, J.; Sequeira, MC; Bolton, J.; Rocha, F. (2013). Characterization of lime mortars from a 18th century river Tagus quay (Lisbon, Portugal). International Journal of Conservation Science, 4 (special issue), 2013, 515-524.

Antunes, A.C. (2014). O cais da Praça do Comércio e as suas colunas. rossio. estudos de Lisboa, 3, 128-143.

Borges, C.; Santos Silva, A.; Veiga, M. R. (2014). Durability of ancient lime mortars in humid environment. Construction and Building Materials. Vol. 66, p. 606-620. ISSN: 0950-0618.

Candeias, A.E.; Nogueira, P.; Mirao, J; Santos Silva, A.; Veiga, R.; Gil Casal, M.; Ribeiro, I.; Seruya, A.I. (2005). Characterization of ancient mortars: present methodology and future perspectives. Extended Abstracts of CERC3 Workshop on Chemistry in the Conservation of Cultural Heritage, EU-ARTECH.

Guerreiro, T.; Santos Silva, A.; Adriano, P.; Candeias, A.; Mirão, J.(2008) Optical microscopy analysis of mortars from Tagus River 16th and 17th century fortifications. Microscopy and Microanalysis, 14, 77 - 80.

Jedrzejska, H. (1960). Old Mortars in Poland: A New Method of Investigation. Studies in Conservation, 5(4), 1960, 132-138.

Magalhães, A. C.; Veiga, M. R. (2009) Caracterización física y mecánica de los morteros antiguos. Aplicación a la evaluación del estado de conservación. Materiales de Construcción, Vol. 59, 295, 61-77.

Santos Silva, A. (2002). Caracterização de argamassas do Forte de S. Julião da Barra. Characterisation of mortars from S. Julião da Barra Fortress, LNEC Report (in Portuguese).

Santos Silva, A.; Cruz, T.; Paiva, M.J.; Candeias, A.; Adriano, P.; Schiavon, N.; Mirão, J. (2012) Mineralogical and chemical characterization of historical mortars from military fortifications in Lisbon harbour (Portugal), Environmental Earth Sciences, 63(7), 1641-1650.

Veiga, M.R.; Aguiar, J.; Santos Silva, A.; Carvalho, F. (2001). Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings, Proceedings of the 3rd International Seminar Historical Constructions 2001, Guimarães, 2001, 353-362.

Veiga, M.R.; Magalhães, A.C.; Bokan-Bosilikov, V. (2004). Capillarity tests on historic mortar samples extracted from site. Methodology and compared results. 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4-7, 2004.

Veiga, M.R.; Magalhães, A.C. (2006). Revestimentos exteriores de substituição do Forte dos Oitavos em Cascais: selecção da solução de revestimento. Substitution external rendering of São Jorge dos Oitavos fortress, in Cascais: selection of the rendering solution, LNEC Report (in Portuguese).

Veiga, M.R. Veiga; Santos Silva, A.; Tavares, M.L., Couto, S.; Menezes, A.P. (2011) Estudo dos rebocos exteriores e interiores da Fortaleza de Nossa Senhora da Luz, em Cascais. Study of renders and plasters of Nossa Senhora da Luz Fortress, Lisboa, LNEC Report (in Portuguese).

Veiga, M. R. (2012). Argamassas de alvenarias históricas. Funções e características. Actas da Conferência Internacional sobre Reabilitação de Estruturas Antigas de Alvenaria. Universidade Nova de Lisboa (CIREA2012). Eds: Fernando Pinho, Válder Lúcio, Carlos Rodrigues, António Ramos, Paulina Faria, Manuel Baião, Paulo Lourenço, Humberto Varum, Ângela Nunes e Luís Moura, 17-27. ISBN: 978-989-20-3080-7.