

Almada

ARQUEOLOGIA | PATRIMÓNIO | HISTÓRIA LOCAL

2.ª série #24 Nov. 2021
anual

dossiê

CONGRESSO DA REABILITAÇÃO

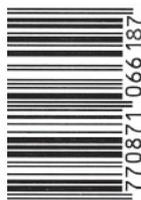
boas práticas
de reabilitação e
preservação do
Património

Recomendações
para a gestão de espólios
arqueológicos

O contributo dos dados
LiDAR para a investigação
arqueológica portuguesa

Memória económica
da vila de Almada
em 1835

Preço: 10 €



9 770871 066187



CAA

Centro de Arqueologia de Almada



Capa | Jorge Raposo

Na imagem, interior da sala de jantar de uma "casa de brasileiro" situada em Águeda, um bom exemplo para o estudo do Património Arquitectónico Português-Brasileiro construído no século XIX e no início do século XX.

Fotografia | © Alice Tavares, Aníbal Costa e Maria Rita Amoroso.

al-madan

II Série, n.º 24, Novembro 2021

Proprietário e editor |

Centro de Arqueologia de Almada,
Apartado 603 EC Pragal,
2801-601 Almada, Portugal

NIPC | 501 073 566

Sede do editor e da redacção |

Travessa Luís Teotónio Pereira,
Cova da Piedade, 2805-187 Almada

Telefone | 212 766 975

E-mail | c.arqueo.alm@gmail.com

Internet | <http://www.caa.org.pt/>

Publicidade e distribuição |

Centro de Arqueologia de Almada

Registo de imprensa | 108998

ISSN | 0871-066X

Depósito Legal | 92457/95

Estatuto editorial |

www.almadan.publ.pt

Impressão | Jorge Fernandes Ld.ª,
Rua Qrª do Conde de Mascarenhas, 9,
2820-652 Charneca de Caparica

Tiragem | 300 exemplares

Periodicidade | Anual

Apoios | Câmara Municipal
de Almada | Associação dos
Arqueólogos Portugueses |
ArqueoHoje - Conservação e
Restauro do Património
Monumental, Ld.ª | Câmara
Municipal de Oeiras | Neoépica, Ld.ª

Director | Jorge Raposo
(director.almadan@gmail.com)

Conselho Científico | Amílcar Guerra,
António Nabais, Luís Raposo, Carlos
Marques da Silva e Carlos Tavares da Silva

Redacção | Centro de Arqueologia
de Almada (sede)

Resumos | Autores e Jorge Raposo
(português), Luísa Pinho (inglês) e
Maria Isabel dos Santos (francês)

**Modelo gráfico, tratamento de imagem
e paginação electrónica** | Jorge Raposo

Revisão | Autores e CAA: Fernanda
Lourenço, Vanessa Dias e José Carlos
Henrique

Colunistas | Amílcar Guerra, António
Manuel S. P. Silva e Victor Mestre

Colaboram neste número |

Luís Almeida, Maria Rita Amoroso,
Slávka Andrejkovičová, José Arnaud,
Luísa Batalha, Lurdes Belgas, José
Bettencourt, Fernando G. Branco,
Jacinta Bugalhão, Guilherme Cardoso,
João Luís Cardoso, António Faustino
Carvalho, Alice Tavares Costa, Aníbal
Costa, Carlos Costa, Fernando Costa,
João Damásio, Mariana Diniz, Ana
Luísa Duarte, Carlos Fabião, Cristiano
Figueiredo, Victor Filipe, Alexandre
M. Flores, Júlia Fonseca, Ana Sofia
Gomes, Amílcar Guerra, Nuno Inácio,
Miguel Lago, Ana Malta, António
Marques, Andrea Martins, Jorge
Mascarenhas, Victor Mestre,

Margarida Moleiro, Sara Moutinho,
César Neves, Dina Ramos, Paulo
Oliveira Ramos, Romão Ramos,
Jorge Raposo, Luís Raposo, Ana Rita
Santos, Chiara Sciré, José Sendas,
António Manuel S. P. Silva, António
Santos Silva, Francisco Silva, Rodrigo
Banha da Silva, Clara Pimenta do Vale,
Maria do Rosário Veiga, Ana Velosa,
Agnese Vicari, Catarina Viegas e
Gil Vilarinho

Os conteúdos editoriais da *Al-Madan* não
seguem o Acordo Ortográfico de 1990.
No entanto, a publicação respeita a vontade
dos autores, incluindo nas suas páginas tanto
artigos que partilham a opção do editor
como aqueles que aplicam o dito Acordo.

O ano de 2021 trouxe-nos alguma serenidade e confiança para enfrentar a crise pandémica gerada pela COVID-19, graças ao intenso esforço de vacinação que protegeu a esmagadora maioria da população portuguesa. Infelizmente, isso não evitou que, no nosso país, se contabilizem mais de 18 mil mortes até à data, sendo que, a nível mundial, esse número ultrapassa já os 5 milhões e aumenta dramaticamente cerca de 200 mil pessoas por dia, com especial incidência nos países mais desfavorecidos ou mais descuidados na prevenção.

Com o conforto relativo da situação presente, em Portugal, as pessoas e as diferentes áreas de actividade reagem a quase dois anos de dificuldades, ainda que de forma diferenciada e ajustada ao maior ou menor grau de afectação e à sua capacidade de resiliência.

Nesse plano, o sector da construção civil regista um dos menores impactos, com valores mais baixos de recuo em 2020 e perspectiva de crescimento superior à do conjunto da economia nacional.

Nesse particular, a reabilitação do edificado regista uma evolução positiva assinalável e bem-vinda por várias razões, entre as quais avulta a da sustentabilidade económica, social e ambiental.

Quando, como é frequente, essa reabilitação incide sobre imóveis ou conjuntos com valor histórico ou patrimonial, levantam-se, contudo, questões mais complexas que decorrem dos normativos e das recomendações de boas práticas profissionais. A sua aplicação depende também da dinâmica resultante da investigação aplicada, da experiência acumulada e da partilha e diálogo multidisciplinar. Com esse objectivo, a Universidade de Aveiro organizou o CONREA 2021 - Congresso da Reabilitação, dedicado precisamente à sua aplicação ao Património cultural edificado.

Um pequeno lote de comunicações é publicado nesta *Al-Madan*, em dossiê que trata desde a reabilitação de uma anta do IV milénio a.C. (em Vouzela), à preservação das *casas gandaresas* que pontuam os municípios de Vagos, Mira e Cantanhede, ou das *aldeias avieiras* do Tejo, com destaque para a do Patacão de Cima (Alpiarça). Inclui ainda o estudo detalhado das argamassas, ligantes e rebocos aplicados tanto no Mercado do Bolhão e no Teatro Nacional de São João (ambos no Porto), como na *Casa da Pesca* da Quinta de Recreio dos Marquês de Pombal (Oeiras). Termina com uma abordagem geral à metodologia de intervenção no Património arquitectónico português de influência brasileira construído no século XIX e início da centúria seguinte.

Para lá desse dossiê, e ainda no âmbito da promoção de boas práticas profissionais, esta edição divulga um documento em que estas se dirigem para a gestão dos espólios arqueológicos, um dos mais prementes e graves problemas com que se depara a Arqueologia portuguesa.

A consulta do índice ou o folhear do volume evidenciará certamente outros motivos de interesse, na área da Arqueologia e do seu percurso histórico, mas também na de outros campos científicos, da legislação do Património cultural e da História local. Por fim, há noticiário arqueológico diverso, agenda de eventos, novidades editoriais e recortes de imprensa.

Como sempre, votos de boas leituras, em segurança e com saúde!

Jorge Raposo

EDITORIAL ... 3 ▶

CURTAS ... 6 ▶

CRÓNICAS DE...

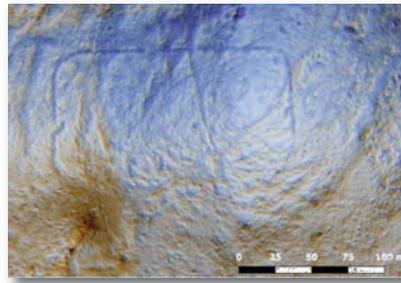
ARQUEOLOGIA CLÁSSICA | Amílcar Guerra ... 8 ▶

ARQUEOLOGIA PORTUGUESA | António Manuel S. P. Silva ... 12 ▶

PATRIMÓNIO | Victor Mestre ... 16 ▶

OPINIÃO

Recomendações de Boas Práticas na Gestão de Espólios Arqueológicos | Ana Sofia Gomes, António Marques, Jacinta Bugalhão, José Bettencourt, Miguel Lago, Rodrigo Banha da Silva e Victor Filipe ... 27 ▶



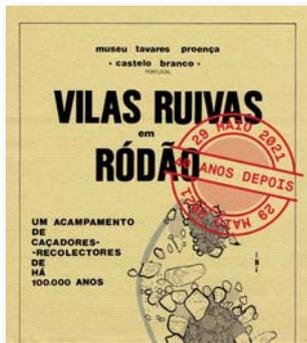
ARQUEOCIÊNCIAS

Da Luz aos Modelos e às Sombras: o contributo dos dados LiDAR para a investigação arqueológica em Portugal | Gil Vilarinho ... 64 ▶



CONSERVAÇÃO E RESTAURO

As Intervenções de Conservação da Cabeça do Imperador Augusto de Tomar | Fernando Costa, Júlia Fonseca, Chiara Sciré e Agnese Vicari ... 72 ▶



ARQUEOLOGIA

50 Anos de Estudo Sobre o Paleolítico em Vila Velha de Ródão | Luís Raposo ... 30 ▶

HISTÓRIA DA ARQUEOLOGIA PORTUGUESA

Arqueologia, Investigação e Formação de Arqueólogos em Portugal na Década

de 1950: um diagnóstico de João Manuel Bairráo Oleiro | João Luís Cardoso ... 123 ▶



Intervenção Arqueológica na Rua Manuel dos Santos Mónica (Carnaxide): dados preliminares | João Damásio ... 38 ▶



PATRIMÓNIO

Nos 300 Anos da *Ley* de 20 de Agosto de 1721 “para se conservarem os monumentos da antiguidade” | Paulo Oliveira Ramos ... 132 ▶



O Terreiro da Batalha dos Atoleiros: resultados dos trabalhos arqueológicos | José Sendas ... 47 ▶

Villa Cardílio (Torres Novas); resgatando o passado, construindo o futuro | Victor Filipe, Carlos Fabião, Romão Ramos, Margarida Moleiro e Catarina Viegas ... 58 ▶



CONGRESSO DA REABILITAÇÃO



Coordenação de
Alice Tavares e Aníbal
Costa [pp. 77-122]

*Seleção de comunicações apresentadas
ao CONREA 2021 - Congresso da Reabilitação
(Aveiro, Jun.-Jul. 2021), dedicado às boas
práticas de reabilitação e preservação
do Património edificado.*

Congresso da Reabilitação (Aveiro, 2021) |
Alice Tavares e Aníbal Costa... 78 ▶

Aldeias Avieiras do Tejo: o Patacão de Cima |
Jorge Mascarenhas, Lurdes Belgas e
Fernando G. Branco... 80 ▶

Argamassas e Ligantes do Mercado do Bolhão e Teatro
Nacional de São João, no Porto: variabilidade e implicações
para a sua reabilitação | Luís Almeida, António Santos
Silva, Cristiano Figueiredo, Sara Moutinho, Slávka
Andrejkovičová, Clara Pimenta do Vale, Maria do Rosário
Veiga, Alice Tavares Costa e Ana Velosa ... 87 ▶

O Pavilhão da Casa da Pesca da Quinta de Recreio
dos Marquês de Pombal (Oeiras): caracterização
físico-química dos rebocos exteriores e recomendações

para a sua conservação | Maria do Rosário Veiga,
António Santos Silva e Ana Rita Santos ... 93 ▶

O Projeto de Reabilitação da Anta da Lapa da Meruje
(Vouzela, Viseu): princípios, objetivos e propostas
preliminares | António Faustino Carvalho e
Aníbal Costa ... 101 ▶

Metodologia de Reabilitação Integrada para a
Proteção da Casa Gandaresa de Mira, Vagos e Cantanhede |
Alice Tavares, Aníbal Costa, Dina Ramos, Carlos Costa
e Ana Malta ... 107 ▶

Património Arquitetónico Português-Brasileiro:
contributo para o conhecimento e medidas para a sua
salvaguarda para análises multicritério | Alice Tavares,
Aníbal Costa e Maria Rita Amoroso ... 114 ▶

HISTÓRIA LOCAL

*Memoria Económica da Villa
d'Almada* (1835): um contributo para
o conhecimento do concelho
no início do século XIX |
Francisco Silva ... 141 ▶



Poder Local na “Outra Banda”
em 1836-1898: caso de estudo
em torno dos concelhos de
Almada e Seixal | Alexandre
M. Flores ... 151 ▶



NOTICIÁRIO ARQUEOLÓGICO

Vila Nova de São Pedro: cinco anos de um projecto
de investigação | José Arnaud, Mariana Diniz,
Andrea Martins e César Neves ... 159 ▶

Fragments da Grândola de Época Moderna:
notícia preliminar dos trabalhos arqueológicos
nos antigos Paços do Concelho | Nuno Inácio ... 164 ▶

Telhas Alto Medievais do Casal do Clérigo (Cascais) |
Luísa Batalha e Guilherme Cardoso ... 167 ▶

Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho
de Oeiras: actividades mais relevantes em 2020 |
João Luís Cardoso ... 171 ▶

EVENTOS EM AGENDA ... 175 ▶

NOVIDADES EDITORIAIS ... 176 ▶ | RECORTES ... 178 ▶



CAA

Centro de Arqueologia de Almada

al. ma. sa. m

ARQUEOLOGIA • PATRIMÓNIO • HISTÓRIA LOCAL

II SÉRIE (24) | NOVEMBRO 2021



29/06 - 1/07

Audatório da Reitoria
da Universidade de Aveiro, PT

CONREA'21

Congresso de Reabilitação

Comissão Executiva
Aníbal Costa, Alice Tavares,
Hugo Rodrigues e José Lapa

Inscrições e informações
no: www.conreanet.pt



universidade
de aveiro

Seleção de comunicações apresentadas ao CONREA 2021 - Congresso da Reabilitação, realizado na Universidade de Aveiro entre 29 de Junho e 1 de Julho de 2021. Centrado na reflexão sobre as boas práticas de reabilitação e preservação do Património edificado, o conjunto visa mostrar como a comunidade técnica e científica aposta na investigação e na procura de estratégias e soluções económica e socialmente aceitáveis para conciliar a sustentabilidade cultural com a melhoria das condições de vida das populações.

dossiê

CONGRESSO DA REABILITAÇÃO

Coordenação de Alice Tavares e Aníbal Costa [pp. 77-122]

Congresso da Reabilitação (Aveiro, 2021) | Alice Tavares e Aníbal Costa... 78 ▶

Aldeias Avieiras do Tejo: o Patacão de Cima | Jorge Mascarenhas, Lurdes Belgas e Fernando G. Branco... 80 ▶

Argamassas e Ligantes do Mercado do Bolhão e Teatro Nacional de São João, no Porto: variabilidade e implicações para a sua reabilitação | Luís Almeida, António Santos Silva, Cristiano Figueiredo, Sara Moutinho, Slávka Andrejkovičová, Clara Pimenta do Vale, Maria do Rosário Veiga, Alice Tavares Costa e Ana Velosa ... 87 ▶

O Pavilhão da Casa da Pesca da Quinta de Recreio dos Marqueses de Pombal (Oeiras): caracterização físico-química dos rebocos exteriores e recomendações para a sua conservação | Maria do Rosário Veiga, António Santos Silva e Ana Rita Santos ... 93 ▶

O Projeto de Reabilitação da Anta da Lapa da Meruje (Vouzela, Viseu): princípios, objetivos e propostas preliminares | António Faustino Carvalho e Aníbal Costa ... 101 ▶

Metodologia de Reabilitação Integrada para a Proteção da Casa Gandaresa de Mira, Vagos e Cantanhede | Alice Tavares, Aníbal Costa, Dina Ramos, Carlos Costa e Ana Malta ... 107 ▶

Património Arquitetónico Português-Brasileiro: contributo para o conhecimento e medidas para a sua salvaguarda para análises multicritério | Alice Tavares, Aníbal Costa e Maria Rita Amoroso ... 114 ▶

Argamassas e Ligantes do Mercado do Bolhão e Teatro Nacional de São João, no Porto

variabilidade e implicações para a sua reabilitação

Luís Almeida ^I, António Santos Silva ^I, Cristiano Figueiredo ^{II}, Sara Moutinho ^{II}, Slávka Andrejkovičová ^{III}, Clara Pimenta do Vale ^{IV}, Maria do Rosário Veiga ^I, Alice Tavares Costa ^{II} e Ana Velosa ^{II}

1. INTRODUÇÃO

O início do século XX é marcado pela utilização crescente de ligantes hidráulicos na construção, em substituição dos ligantes aéreos à base de cal. Os dois edifícios caso de estudo que se apresentam neste trabalho, revestem-se de grande importância no contexto da utilização de ligantes hidráulicos, uma vez que o betão armado é utilizado na sua construção, rompendo com os cânones construtivos que eram vigentes à época.

Iniciada a sua construção na primeira década do século XX, e passado mais de um século após a sua conclusão, o Mercado do Bolhão e o Teatro Nacional de S. João têm sido alvo de intervenções de manutenção e reabilitação. Apesar destas intervenções, destaca-se, porém, uma condição de fragilidade, sobretudo ao nível dos elementos decorativos, causada principalmente pela corrosão das armaduras (FIGUEIREDO *et al.*, 2020).

No que diz respeito ao Teatro, em 2009 foi realizada uma intervenção de remoção de argamassas de elementos degradados, em particular de rebocos exteriores e de elementos ornamentais, sobre os quais se realizaram estudos que indicaram a utilização de cimento natural na sua construção (VELOSA *et al.*, 2011; VELOSA *et al.*, 2013; SILVA, 2014). Quanto ao Mercado, a recente intervenção de reabilitação permitiu a recolha e análise de amostras de argamassas e betão, nas quais se verificou uma tendência generalizada para a utilização de argamassas de ligantes hidráulicos (SILVA, 2014; ROCHA, 2015).

Enquadrado no projeto de investigação “CEMRESTORE: argamassas para a conservação de edifícios do início do século XX - compatibilidade e sustentabilidade”, obtiveram-se recentemente amostras de elementos decorativos / ornamentais em ambos os edifícios, as

RESUMO

O Mercado do Bolhão (1917) e o Teatro Nacional de São João (1918), edifícios emblemáticos da cidade do Porto, são representativos de uma época arquitetónica influenciada pela *École de Beaux Arts*, marcada por uma transformação dos processos construtivos e no uso dos materiais de construção.

Os autores estudam as argamassas usadas nestes edifícios, no plano mineralógico e quanto à microestrutura e granulometria dos agregados utilizados. Contribuem, deste modo, para o conhecimento dos materiais que podem ser encontrados no Património edificado deste período, e para a definição de estratégias para a sua conservação.

PALAVRAS CHAVE: Património; Materiais de construção; Reabilitação arquitectónica; Conservação e restauro; Século XX.

ABSTRACT

The Bolhão Market (1917) and the São João National Theatre (1918), two landmarks of the city of Porto, represent an architectural era influenced by the *Ecole de Beaux Arts*, which was marked by a transformation in construction processes and the use of construction materials.

The authors study the mortars used in these buildings, as regards the mineralogical aspects and the microstructure and granulometry of the aggregates used, thus contributing to the knowledge of the materials that can be found in the Heritage buildings of the period and to the definition of strategies for their conservation.

KEYWORDS: Heritage; Construction materials; Architectural rehabilitation; Conservation and restoration; 20th century.

RÉSUMÉ

Le Marché du Bolhão (1917) et le Théâtre National de São João (1918), édifices emblématiques de la ville de Porto, sont représentatifs d'une époque architectonique influencée par l'École des Beaux-Arts, marquée par une transformation des procédés d'édification et de l'utilisation des matériaux de construction.

Les auteurs étudient les mortiers utilisés dans ces édifices, sur le plan minéralogique et quant à la microstructure et granulométrie des agrégats utilisés. Ils contribuent, de cette façon, à la connaissance des matériaux qui peuvent être trouvés dans le Patrimoine édifié pendant cette période et à la définition de stratégies en vue de leur conservation.

MOTS CLÉS: Patrimoine; Matériaux de construction; Réhabilitation Architectonique; Conservation et restauration; XXème siècle.

^I Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (lalmeida@lneec.pt; ssilva@lneec.pt; rveiga@lneec.pt).

^{II} RISCO - Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (cristianofigueiredo@ua.pt; sara.moutinho@ua.pt; tavares.c.alice@ua.pt; avelosa@ua.pt).

^{III} GEOBIOTEC - Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro (slavka@ua.pt).

^{IV} Centro de Estudos de Arquitectura e Urbanismo, Porto (clara_vale@arq.up.pt).

Por opção dos autores, o texto segue as regras do Acordo Ortográfico de 1990.

quais estão a ser objeto de estudo e cuja caracterização permitirá, por um lado, verificar a variabilidade de materiais utilizados, nomeadamente o tipo de ligante utilizado e a natureza dos seus constituintes, e, por outro, contribuir para o estabelecimento de ações de conservação e restauro.

Os resultados que se apresentam neste artigo complementam os publicados por estudos anteriores (VELOSA *et al.*, 2011; VELOSA *et al.*, 2013; SILVA, 2014) e são parte da campanha experimental em curso, que envolveu a caracterização mineralógica por difração de raios X, microscopia ótica e eletrónica de varrimento com microanálise de raios X, análise química por via húmida para obtenção do resíduo insolúvel e, ainda, a análise granulométrica dos agregados. Tratando-se de um trabalho em curso, apresentam-se os resultados disponíveis até ao momento para cada um dos casos, considerando algumas das amostras representativas dos materiais em estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. AMOSTRAS E CAMPANHA EXPERIMENTAL

Analysaram-se amostras de elementos decorativos, uma vez que estes apresentam um potencial de variabilidade do tipo de ligantes, nomeadamente no que diz respeito à utilização do cimento natural (VALE *et*

al., 2019). No caso do Mercado, as amostras foram recolhidas em 2018, em contexto de obra e no decurso das mais recentes intervenções de reabilitação. Quanto ao Teatro, as amostras são provenientes de zonas que não tinham sido intervencionadas em 2009, sendo obtidas em resultado de destacamentos ocorridos posteriormente.

Na Tabela 1, apresenta-se a lista de amostras, a sua proveniência e a campanha experimental realizada, que conduziu à análise de características fundamentais para o estudo da variabilidade dos materiais utilizados.

2.2. ANÁLISE EXPERIMENTAL

De forma a identificar as fases mineralógicas dos ligantes, procedeu-se à análise por difração de raios X (DRX). As amostras foram secas a 40°C, sendo em seguida preparadas com vista a separar a fração enriquecida em ligante (material que se soltou da desagregação das amos-

TABELA 1 – Amostras, sua localização e campanha experimental realizada.

* Amostras com mais do que uma camada de aplicação. Uma vez que não se constataram diferenças significativas entre si e, em alguns casos, a sua espessura era reduzida, considerou-se o conjunto das amostras para análise de RI e da distribuição granulométrica.

Legenda: **x** - Realizado; **n.d** – não disponível

Amostra	Caso de estudo	Elemento-Localização	Campanha experimental					
			Difração de raios X (DRX)	Microscopia ótica (MO)	Micro-estrutura (MEV-EDS)	Resíduo Insolúvel (RI)	Granulometria	
A*	Ai	Friso – Alçado nascente. Rua Alexandre Braga	x	x	x			
	Ae		x	x	x	x	x	
B		Friso – Alçado nascente. Rua Alexandre Braga	n.d	x	x	x	x	
101ED	MDB	Dentilhão – Alçado nascente. Rua Alexandre Braga	x	x	x	n.d	n.d	
102ED		Friso – Alçado sul. Rua Formosa	x	x	x	x	x	
103ED*		103EDb	Friso – Alçado poente. Rua Sá da Bandeira	x	x	x		
		103EDc		x	x	x	x	x
1M	1M1	Friso – Alçado nascente. Rua Alexandre Braga	x	x	x	n.d	n.d	
	1M2		x	x	x	n.d	n.d	
CAR*	CAR_ext	Ornamento (“caracol”) – Alçado poente. Travessa do Cativo	x	n.d	n.d			
	CAR_Ins		x	n.d	n.d	x	x	
	CAR_Int		x	n.d	n.d			
TER_ins	TNSJ	Peça da “Terraza”. Alçado poente. Travessa do Cativo	x	n.d	n.d	x	x	
OFS_ED		Ornamento. Alçado sul. Rua do Cativo	x	n.d	n.d	n.d	n.d	
Mat_Fach		Localização incerta	x	n.d	n.d	n.d	n.d	

tras e com granulometria < 63 µm) da restante amostra. As amostras assim preparadas foram analisadas num difractómetro Panalytical AERIS.

A caracterização microscópica e microestrutural foi realizada com o objetivo de identificar a natureza do ligante e de complementar as análises mineralógicas por DRX. Foram preparadas lâminas delgadas e superfícies polidas, após impregnação das amostras com uma resina corada com fluoresceína. As lâminas delgadas foram observadas num microscópio ótico de luz polarizada Olympus BX 60, equipado com objetivas de ampliação de 4, 10, 20 e 40x. As superfícies polidas e, em alguns casos, lâminas delgadas foram observadas num microscópio eletrónico de varrimento Tescan Mira 3 FEG-SEM, equipado com um espectrómetro de raios X de energia dispersiva (EDS) Bruker X FLASH 6|30, tendo a análise EDS sido tratada com recurso ao *software* Quantax Esprit 2.3.

Realizou-se ainda o ataque ácido das amostras desagregadas, para obtenção do resíduo insolúvel e promover, noutro passo, a separação do ligante dos agregados. Este procedimento teve em conta a metodologia baseada na norma ASTM C25-11e1 (2011), que possibilitou separar o ligante, por digestão em ácido clorídrico, dos agregados maioritariamente siliciosos. A análise granulométrica foi realizada por peneiração do resíduo obtido pela dissolução ácida, de acordo com a norma BS 3406-2:1984 (1986).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DOS LIGANTES

A caracterização mineralógica realizada por DRX revelou a presença sistemática de compostos hidratados nas amostras do Mercado do Bolhão, nomeadamente, portlandite, monocarboaluminato de cálcio

hidratado, gesso e etringite, indicando, com elevada probabilidade, que se tratam de pastas hidratadas de cimento Portland. Para além destes compostos, é também evidente a presença de silicatos de cálcio anidros, tipicamente presentes em pastas de cimento Portland, como são exemplo a alite (C₃S) e belite (C₂S), identificadas em conjunto nos difratogramas da Fig. 1 com a sigla “Cp”.

Já no caso da amostras provenientes do Teatro Nacional de S. João (Fig. 2), os compostos hidratados têm, em geral, uma menor prevalência, notando-se até a sua não ocorrência na maioria das amostras. Contudo, ocorrem de forma evidente na amostra OFS_ED.

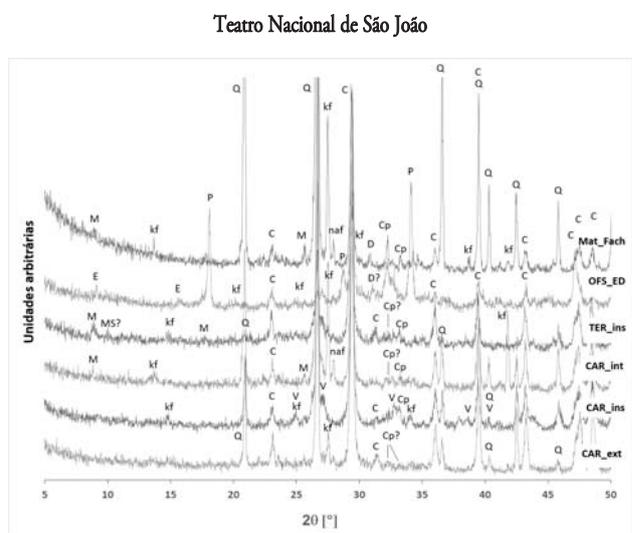
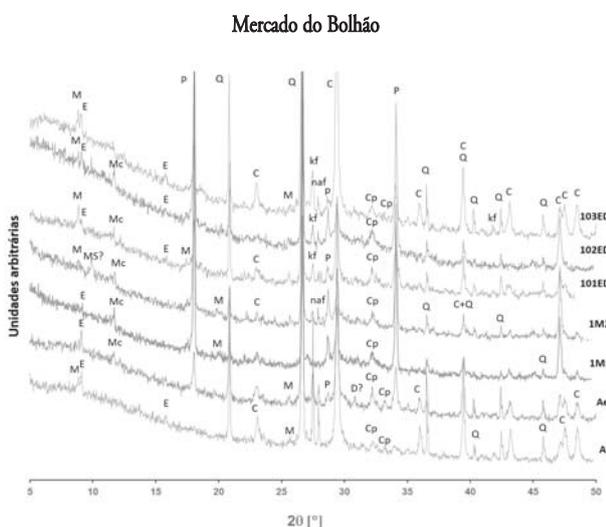
Quanto aos silicatos de cálcio anidros, compostos típicos do cimento Portland, verificou-se a sua presença em praticamente todas amostras, sendo, no entanto, vestigial nas amostras CAR_int e CAR_ins. Na amostra CAR_ext, persistem dúvidas quanto à sua presença.

As diferenças observadas na composição mineralógica entre amostras do Mercado e do Teatro, nomeadamente na menor prevalência de compostos hidratados nas amostras deste último, podem estar relacionadas com uma maior incidência da carbonatação das pastas, facto que deverá ser confirmado através da análise microscópica e microestrutural.

As Figs. 1 e 2 mostram os difratogramas das amostras dos edifícios do Mercado e do Teatro, respetivamente.

FIGS. 1 E 2 – Difratogramas da fração enriquecida em ligante de amostras do Mercado do Bolhão (à esquerda) e do Teatro Nacional de São João (à direita).

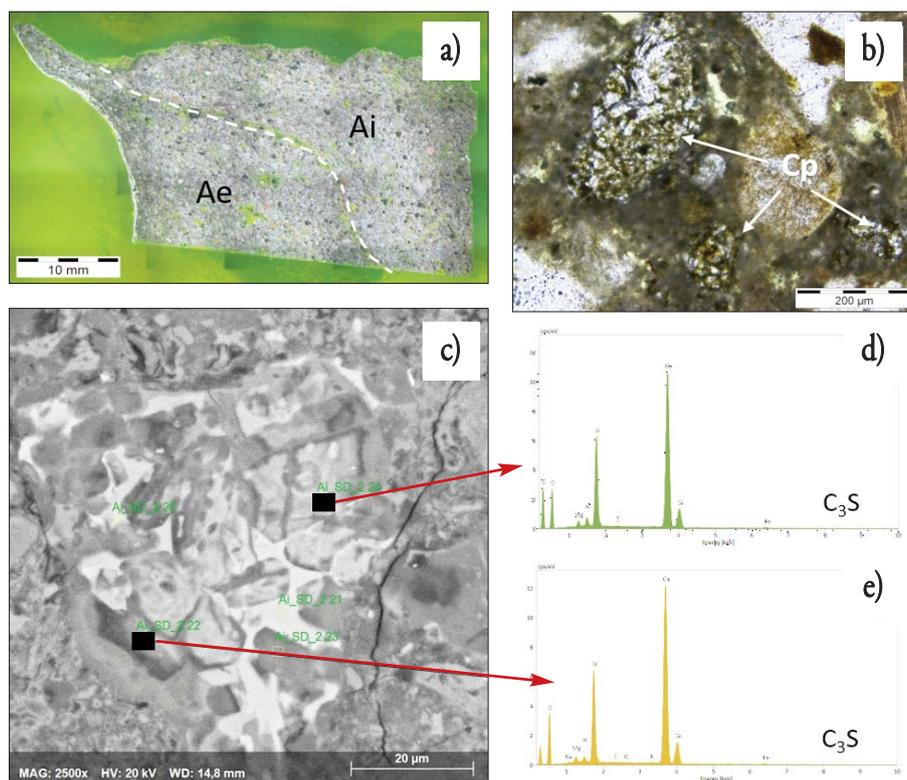
Legenda: **C** - Calcite; **Q** - Quartzoz; **M** - Moscovite; **Mc** - Monocarboaluminato de cálcio hidratado / gesso?; **Kf** - Feldspato potássico; **Cp** - Silicatos anidros do Clinquer Portland; **Naf** - Plagioclase; **E** - Etringite; **P** - Portlandite; **D** - Dolomite; **MS** - Monosulfoaluminato de cálcio hidratado; **V** - Vaterite.



3.2. CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA E MICROESTRUTURAL

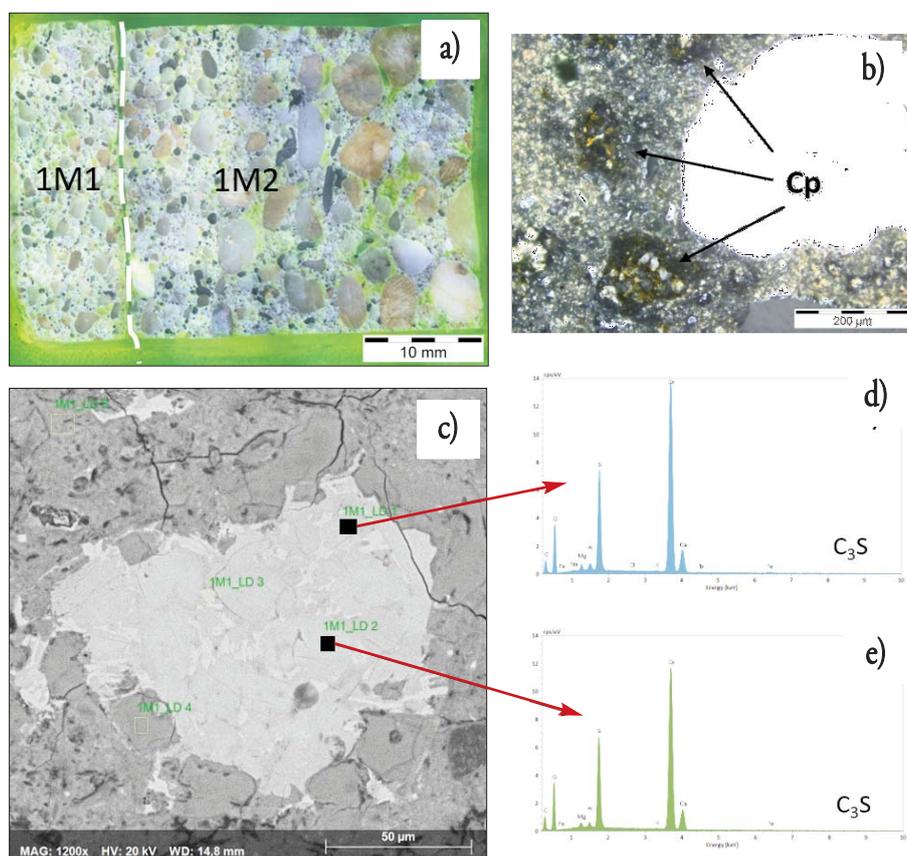
Uma vez que, por DRX, foi detetada a presença de silicatos anidros do Clinquer Portland, procedeu-se à análise e identificação das principais fases dos nódulos de clínquer presentes nas amostras provenientes do Mercado. Como as amostras do Teatro se encontram em fase de preparação para esta caracterização, não é ainda possível apresentar dados relativos ao mesmo. Para distinguir entre cimento Portland e outros ligantes hidráulicos, de que é exemplo o cimento natural, a aplicação da análise microscópica e microestrutural é fundamental para clarificar essas diferenças.

As quatro fases principais do Clinquer Portland (C_4AF , C_3A , C_2S e C_3S) podem ser facilmente observáveis através da análise microscópica, recorrendo à microscopia ótica e eletrónica de varrimento. A forma e a morfologia dos minerais, assim como a birrefringência (característica observável por microscopia ótica) e os níveis de cinza (observáveis em microscopia eletrónica no modo de elétrons retrodifundidos), são indicadores dos diferentes tipos de minerais presentes. A presença frequente de silicato tricálcico anidro (C_3S - Alite) nos nódulos de clínquer é um excelente indicador da presença de cimento Portland nas pastas, dado que as temperaturas elevadas de cozedura ($> 1300^{\circ}C$) promovem a sua formação (VARAS, ALVAREZ DE BUERGO e FORT, 2005). É, por isso, um dos aspetos a destacar como indicador da utilização deste tipo de cimento em todas as amostras observadas, corroborando a análise prévia por DRX. Nas Figs. 3 a 5 apresentam-se aspetos considerados representativos do conjunto das amostras analisadas para o caso do Mercado. Estas apresentam a presença de fases típicas do clínquer de cimento Portland, confirmando, assim, a utilização deste tipo de cimento.



FIGS. 3 E 4 – Amostra A (em cima) e Amostra 1M (em baixo).

- a) Imagem geral dos conjuntos Ai e Ae / 1M1 e 1M2; b) Imagem em microscopia ótica de pormenor das amostras Ai (níveis paralelos) e 1M1 (níveis cruzados), onde se observam nódulos de Clinquer Portland (Cp); c) Imagem ao MEV de nódulos de Clinquer Portland nas amostras Ai (parcialmente hidratado) e 1M1; d), e) Espectros EDS da alite (C_3S).



Foi observada fase alítica, de hábito cristalino, principalmente alongado a prismático, e baixa birrefringência (detetada em microscopia ótica) e composição química (por EDS). São características diferenciadoras e que validam a utilização do cimento Portland.

3.3. RESÍDUO INSOLÚVEL E DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Como se pode observar na Fig. 6, os resultados obtidos através da dissolução ácida apontam para um teor de resíduo insolúvel (areia siliciosa) muito semelhante entre as amostras analisadas para o caso do Mercado. Com base nestes resultados, não parece existir uma diferença substancial que aponte para formulações diferentes e aplicações temporalmente díspares. Quanto à distribuição granulométrica observa-se, na Fig. 7, uma semelhança entre as amostras A, B e Car, sendo a última do Teatro, com enriquecimento de agregados no intervalo dimensional entre 0,125 e 0,5 mm. As restantes amostras apresentam uma maior distribuição granulométrica. Estas diferenças nos intervalos dimensionais das areias deverá estar relacionada com a seleção dos materiais, face ao tipo de elemento a construir.

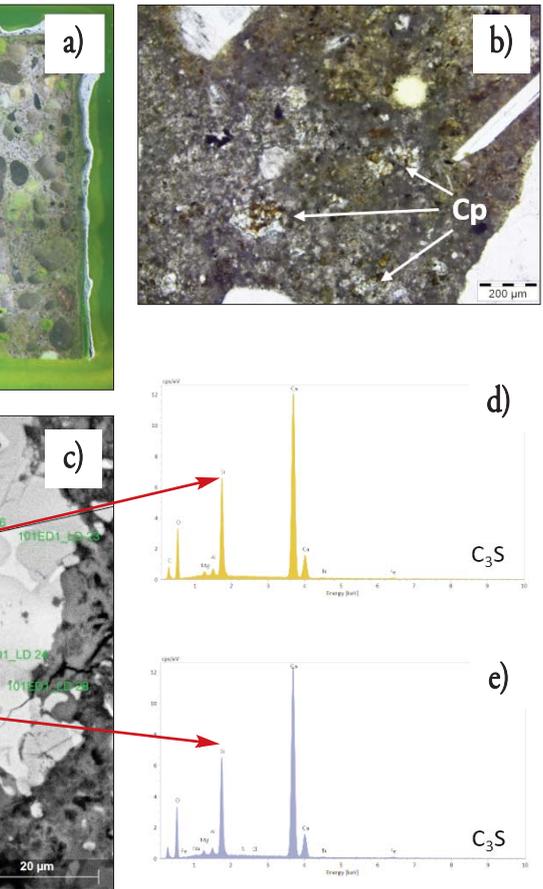
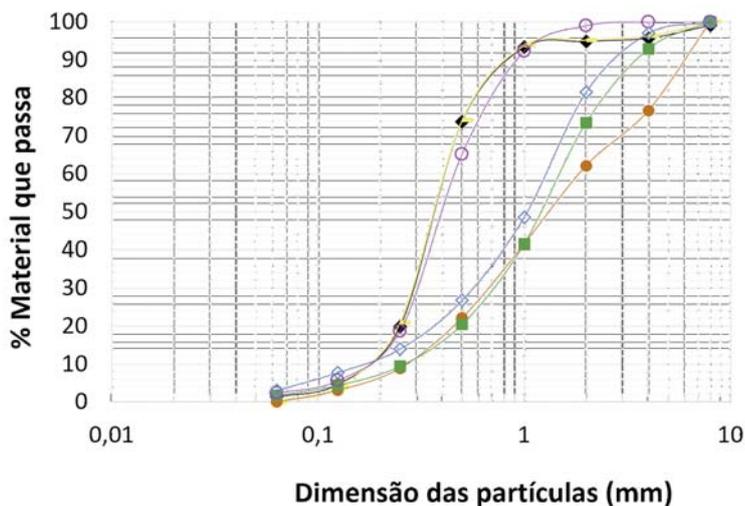


FIG. 5 – Amostra 101ED (em cima).

a) Imagem geral da amostra; b) Imagem em microscopia ótica (nócos paralelos) de pormenor da amostra 101ED, onde se observam nódulos de Clinquer Portland (Cp); c) imagem ao MEV na amostra 101ED de um nódulo de Clinquer Portland; d), e) Espectros EDS da alite (C₃S).

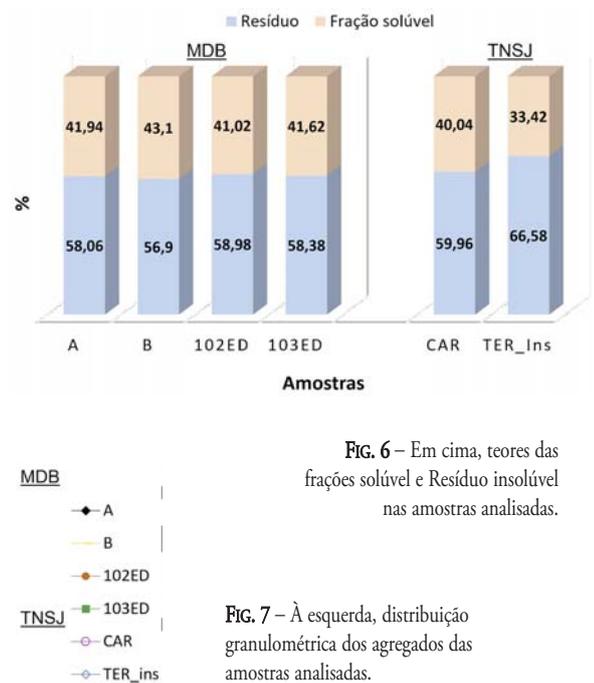


FIG. 6 – Em cima, teores das frações solúvel e Resíduo insolúvel nas amostras analisadas.

FIG. 7 – À esquerda, distribuição granulométrica dos agregados das amostras analisadas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que, em ambos os casos de estudo, o ligante das argamassas é de natureza hidráulica; porém, numa das amostras do Teatro analisadas (CAR_ext), subsistem dúvidas quanto à sua natureza.

Nas argamassas do Mercado analisadas, confirmou-se que o cimento Portland foi o ligante utilizado.

No caso do Teatro, apesar da reduzida prevalência de compostos hidratados, em contraste com as amostras do Mercado, a presença de silicatos anidros típicos do cimento Portland, na maioria das amostras indicia a utilização deste tipo de cimento; contudo, será necessário recorrer a métodos complementares, como a microscopia ótica e eletrónica, para confirmar a presença e natureza das diferentes fases minerais, tal como foi realizado com as amostras provenientes do Mercado.

Esta situação ocorre nas amostras analisadas no contexto deste trabalho. Em trabalhos anteriores (VELOSA *et al.*, 2011; VELOSA *et al.*, 2013; SILVA, 2014; ROCHA, 2015), a deteção de diferentes ligantes está interligada com as diversas fases de construção e intervenção.

A semelhança mineralógica entre o ligante das amostras do Mercado do Bolhão e o teor em resíduo insolúvel apontam para uma possível

aplicação coeva das argamassas analisadas. No entanto, e com base nos resultados obtidos, não é possível afirmar que se tratam de argamassas originais.

Os estudos em curso permitirão um maior conhecimento do tipo de ligantes utilizados e da sua variabilidade, bem como das demais características mineralógicas, químicas, físicas e mecânicas, no contexto da caracterização material de argamassas destes e de outros casos de estudo do início do século XX. Os resultados obtidos contribuirão para o estabelecimento de ações de reparação e de compatibilidade mais informadas e sustentadas, em contexto de reabilitação deste Património construído.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), através do apoio concedido aos Projetos CEMRESTORE, ref.: POCI-01-0145-FEDER-031612, e DB-HERITAGE, ref. PTDC/EPH-PAT/4684/2014, e também ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), através dos Projetos DUR-HERITAGE e PRESERVE. 

REFERÊNCIAS

- ASTM C25-11e1 (2011) – *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime*. West Conshohocken, PA, EUA: ASTM International.
- BS 3406-2: 1984 (1986) – *Methods for determination of particle size distribution. Recommendations for gravitational liquid sedimentation methods for powders and suspensions*. London: British Standard Institute.
- FIGUEIREDO, Cristiano; MOUTINHO, Sara; VALE, Clara P. do; ANDREJKOVICOVÁ, Slavka; VELOSA, Ana; TAVARES, Alice; ALMEIDA, Luís; SANTOS, Ana R.; SILVA, António S.; VIEIRA, Manuel e VEIGA, Rosário (2020) – “A Produção e Utilização dos Cimentos Entre o Final do Século XIX e o Primeiro Quartel do Século XX”. In *ENCORE 2020. 4º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios. Livro de Atas*. Lisboa: LNEC. Disponível em <https://bit.ly/3krACns>.
- ROCHA, Diana Vizinho (2015) – *Argamassas de Cimento Romano Utilizadas em Edifícios do Início do Século XX*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Univ. de Aveiro. Disponível em <https://bit.ly/2XFY1sB>.
- SILVA, Ana Patrícia Coelho Pereira da (2014) – *Revestimentos do Início do Século XX*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Aveiro. Disponível em <https://bit.ly/3zgg42E>.
- VALE, Clara Pimenta do; FIGUEIREDO, Cristiano; VELOSA, Ana e VEIGA, Maria do Rosário (2019) – “O Cimento Natural em Portugal. Registos de uso entre o final do século XIX e o primeiro quartel do século XX”. In *Anais do 3º CIHCLB - Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira*. Salvador: Universidade Federal da Bahia. Disponível em <https://bit.ly/3hNkb2M>.
- VARAS, Maria José; ALVAREZ DE BUERGO, Monica e FORT, Rafael (2005) – “Natural cement as the precursor of Portland cement: Methodology for its identification”. *Cement and Concrete Research*. Elsevier. 35 (11): 2055-2065.
- VELOSA, Ana; ROCHA, Fernando; COSTA, Aníbal; COROADO, João; FRAGATA, Ana e PAUPÉRIO, Esmeralda (2011) – “Characterization of the Conservation State of the Façade of Teatro Nacional de S. João, Porto”. In *XII DBMS - International Conference on Durability of Buildings Materials and Components*. Porto. Disponível em <https://bit.ly/3EAahLS>.
- VELOSA, Ana *et al.* (2013) – “Teatro Nacional de S. João (Porto, Portugal). Mortar characterization in early 20th century architecture”. In *Proceedings of the 3rd Historic Mortars Conference*. Glasgow: University of the West of Scotland.

[todas as ligações à Internet indicadas estavam ativas em 2021-09-26]