

Conservar Património

29

ARP • Associação Profissional de
Conservadores-Restauradores de Portugal

Setembro | *September* 2018

Fotografia da capa | Cover photograph

Rendas: estudo de caso de preservação da coleção do Museu Moda e Têxtil da UFRGS, pp. 71-80



Licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.
Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.

This work is licensed under the Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

Conservar Património

ARP • Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal

Número | Issue 29

Setembro | September 2018



ISSN 2182-9942

Editorial

9 António João Cruz

Novas mudanças de uma revista em transformação | New changes of a journal in transformation

Artigos | Articles

11 Nour Mohamed Badr, Mona Fouad Ali, Nesrin M. N. El Hadidi, Gamal Abdel Naeem

Identification of materials used in a wooden coffin lid covered with composite layers dating back to the Ptolemaic period in Egypt

Identificação dos materiais usados na tampa de um sarcófago de madeira com estrutura compósita do período Ptolemaico do Egípto

25 Ana Sofia Leal, Luís C. Alves, Susana Coentro, Sílvia Pereira, Cátia Relvas, Teresa Ferreira, José Mirão, Lídia Fernandes, Vânia Solange Muralha

Caracterização química, física e mineralógica da colecção de azulejos hispano-mouriscos do Museu de Lisboa - Teatro Romano

Chemical, physical and mineralogical characterisation of the Hispano-Moresque tile collection from Lisbon Roman Theatre Museum

41 Ana Bidarra, Günter Buzanich, João Coroado, Fernando Rocha

Estudo tecnológico e composicional da folha de ouro de retábulos barrocos – bases para uma metodologia de investigação

Technological and compositional study of the gold leaf from Baroque altarpieces – basis for a research methodology

51 José Carlos Domingues, Tiago Miguel Ferreira, João Negrão, Romeu Vicente

Salvaguarda e preservação do Património Edificado em núcleos urbanos antigos: uma reflexão sobre a reabilitação estrutural de edifícios tradicionais em alvenaria de pedra

The safeguarding and preservation of the Built Heritage in old urban centres: a reflection on traditional stone masonry buildings' structural rehabilitation

63 Janice B. Silva, Bruna P. Macari, Lúcia M. Almeida, Marcio P. da Rocha, Raquel Marchesan, Valdir L. Holtman

Deterioração por insetos nas edificações históricas da Colônia Murici – Sul do Brasil

Insect damage in historic buildings of Colônia Murici – Southern Brazil

71 Vera Felippi, Evelise Anicet Rüttschilling, Gabriela Perry

Rendas: estudo de caso de preservação da coleção do Museu Moda e Têxtil da UFRGS

Laces: a case study of preservation of the UFRGS Fashion and Textile Museum collection

As opiniões manifestadas na revista são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não traduzem necessariamente a opinião da ARP, da Direção da revista ou do Conselho Editorial.

The opinions published in this journal are those of the authors alone and do not necessarily translate the views or opinions of ARP, the Editors of the journal or of its Editorial Board.

Conservar Património

Revista académica com avaliação por pares
Academic peer-reviewed journal

Periodicidade | Frequency

Quadrimestral | Triannual

Director | Editor

António João Cruz

Professor Adjunto

Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

ajcruz@ipt.pt

Directores adjuntos | Associate editors

Francisca Figueira

Conservadora-restauradora | Conservator-restorer

Laboratório José de Figueiredo, Direcção-Geral do Património Cultural, Lisboa, Portugal

Elin Figueiredo

Investigadora Integrada

Centro de Investigação de Materiais, CENIMAT/i3N, Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Tiago Miguel Ferreira

Investigador

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), Universidade do Minho, Portugal

Paginação | Layout

António João Cruz

Edição, propriedade e redacção | Publisher and editorial office

ARP – Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal

Junta de Freguesia de Santa Isabel

Rua Saraiva de Carvalho, n.º 8, 2.º andar, 1250-234 Lisboa, Portugal

mail@arp.org.pt

Internet

<http://revista.arp.org.pt>

<https://doi.org/10.14568/cp>

<https://publons.com/journal/36407>

<https://www.facebook.com/conservarpatrimonio>

Alice Nogueira Alves

Professora Auxiliar Convidada

Faculdade de Belas-Artes, Universidade de Lisboa, Portugal

António João Cruz

Professor Adjunto

Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

Cláudia Falcão

Conservadora-restauradora independente | Freelancer conservator-restorer

Macao, China

Elin Figueiredo

Investigadora Integrada

Centro de Investigação de Materiais, CENIMAT/i3N, Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Guilherme Pinheiro Pozzer

Investigador

Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA.UMinho), Universidade do Minho, Portugal

João Luís Antunes

Químico

Portugal

Maria João Revez

Conservadora-restauradora | Conservator-restorer

Nova Conservação, Lda., Lisboa, Portugal

Rui Maio

Investigador

Riscos e Sustentabilidade na CONstrução (RISCO), Universidade de Aveiro, Portugal

Teresa Desterro

Professora Adjunta

Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

Thiago Sevilhano Puglieri

Professor Auxiliar

Departamento de Museologia, Conservação e Restauro, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Tiago Miguel Ferreira

Investigador

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE), Universidade do Minho, Portugal

Agnès Le Gac

Professora Auxiliar

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Ana Calvo

Professora Titular

Universidad Complutense, Madrid, España

Ana Martins

Associate Research Scientist

Conservation Department, Museum of Modern Art, New York, USA

António Candeias

Professor Auxiliar

Universidade de Évora, Portugal

Christian Degryny

Conservation Scientist

Haute École de Conservation-Restauration Arc, La Chaux-de-Fonds, Suisse

Edson Motta

Professor

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Ester Ferreira

Professor

TH Köln - University of Applied Sciences, Cologne, Germany

João Coroado

Professor Coordenador

Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

María José González López

Professora Titular

Departamento de Pintura, Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla, España

Mário Mendonça de Oliveira

Professor

Universidade Federal da Bahia, Brasil

René Larsen

Professor

The Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen, Denmark

Rosário Veiga

Investigadora Principal com Habilitação para Coordenação Científica

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

Salvador Muñoz Viñas

Professor

Universitat Politècnica de València, España

Vítor Serrão

Professor Catedrático

Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal

AATA – Art and Archaeology Technical Abstracts, Getty Conservation Institute

<http://aata.getty.edu>

BCIN – The Bibliographic Database of the Conservation Information Network, Canadian Heritage Information Network

<http://www.bcin.ca>

Chemical Abstracts, American Chemical Society

<http://www.cas.org>

Crossref

<https://www.crossref.org>

DOAJ – Directory of Open Access Journals

<http://www.doaj.org>

EBSCO Art Source

<https://www.ebscohost.com>

ERIH PLUS – European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences, Norwegian Social Science Data Services

<https://dbh.nsd.uib.no/publiseringskanaler/erihplus/>

Google Académico / Google Scholar

<http://scholar.google.com>

Index Copernicus Journals Master List

<http://journals.indexcopernicus.com>

Ingenta Connect

<http://www.ingentaconnect.com>

Latindex – Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

<http://www.latindex.unam.mx>

Microsoft Academic

<https://academic.microsoft.com>

Portal de Periódicos da CAPES

<http://www.periodicos.capes.gov.br>

REDALYC - Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

<http://www.redalyc.org>

REDIB – Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

<http://www.redib.org>

Scopus

<https://www.scopus.com>

Web of Science – Emerging Sources Citation Index (ESCI)

<https://webofknowledge.com>

Novas mudanças de uma revista em transformação

New changes of a journal in transformation

António João Cruz 
Director | Editor

Como já foi realçado noutra editorial [1], desde 2015 – com a admissão da revista na base de dados *Scopus* – a *Conservar Património* tem mudado muito, ainda que, como é detalhado noutras sítios [1, 2], no essencial perseguindo os mesmos objectivos de contribuir para o desenvolvimento da Conservação e Restauro. Alargou-se apenas, não intencionalmente, o âmbito geográfico da sua influência, inclusivamente sucedendo que nos primeiros oito meses do corrente ano de 2018 os manuscritos recebidos de Portugal foram menos numerosos do que os recebidos de outros países, especialmente os de língua portuguesa ou espanhola, entre os quais merecem destaque Espanha e Brasil.

Agora concretizam-se mais duas transformações.

Em primeiro lugar, por ser mais visível, pela primeira vez surge o terceiro número de um ano, resultado da alteração da periodicidade já anunciada, ainda que decidida só depois de iniciado este mesmo ano [3]. Esta mudança da periodicidade, de semestral para quadrimestral, resultou da conjugação do significativo acréscimo do número de manuscritos recebidos com a necessidade de diminuir o tempo de publicação final, não obstante o facto de os artigos ficarem disponíveis na secção de artigos no prelo pouco depois de aceites. Teve como objectivo melhorar a atractividade da *Conservar Património*. Uma alternativa era manter a periodicidade, aumentando o número de artigos e de páginas de cada volume da revista (alternativa esta que foi equacionada). Porém, o crescente número de volumes temáticos – dedicados à publicação dos textos resultantes de comunicações a encontros científicos, como ocorre já há alguns anos, ou, como se prevê que

As emphasized in a past editorial [1], since 2015 – with the journal’s admission to *Scopus* database – *Conservar Património* has significantly changed, although, as detailed elsewhere [1-2], essentially pursuing the same objectives of contributing to the development of Conservation-Restoration. Recently, the geographical scope of its influence has been extended, happening that in the first eight months of 2018 the manuscripts received from Portugal were less numerous than those received from other countries, specially those of Portuguese and Spanish languages, namely Spain and Brazil.

Now, two other transformations happen.

First, by becoming more visible, the third issue of a year appears now for the first time as a result of a periodicity change already announced, although the decision was only taken after the beginning of the current year [3]. This change in periodicity, from bi- to triannual, is the result of a significant increase in the number of received manuscripts, combined with the need to reduce the time of final publication, notwithstanding the fact that the articles are available in the articles in the press section shortly after being accepted. It aims to improve the attractiveness of *Conservar Património*. An alternative, which was considered, was to maintain the biannual periodicity, increasing the number of articles and pages of each issue. However, the growing number of thematic issues – dedicated to publication of conferences proceedings or invited thematic issues – would result in



Tabela 1 / Table 1Indicadores bibliométricos da *Conservar Património* / Bibliometric indicators for *Conservar Património*

Indicador / Indicator	2017	2016	2015	2014
<i>CiteScore</i>	0.30	0.23	–	–
<i>CiteScore Percentile – Conservation</i>	70 %	61 %	–	–
<i>CiteScore Percentile – Museology</i>	67 %	66 %	–	–
<i>CiteScore Rank – Conservation</i>	18/59	21/53	–	–
<i>CiteScore Rank – Museology</i>	15/44	13/37	–	–
<i>Source Normalized Impact per Paper (SNIP)</i>	0.577	1.066	–	–
<i>Scimago Journal Rank (SJR)</i>	0.202	0.188	0.124	0.102
<i>Scimago Quartiles – Conservation</i>	Q2	Q2	Q2	Q3
<i>Scimago Quartiles – Museology</i>	Q2	Q2	Q2	Q3

brevemente ocorra, expressamente preparados com chamada de artigos aberta a todos – originaria um grande espaçamento entre números não temáticos e, portanto, não diminuiria o tempo de espera. Por isso não se optou por esta opção.

A segunda mudança que agora acontece tem que ver com a direcção da revista – que era constituída por mim, Francisca Figueira e Maria João Revez desde 2008. Agora a Maria João Revez sai da direcção, mantendo-se apenas na comissão de redacção, recentemente criada. Pessoalmente, tenho que lhe agradecer esta colaboração ao longo de dez anos, iniciada quando ninguém imaginaria os desenvolvimentos que a *Conservar Património* veio a conhecer, para os quais muito contribuiu. Ao seu olhar perspicaz, espírito crítico, exigência conceptual e rigor formal muito deve a revista. Em sentido inverso, ocorre a entrada na direcção da revista da Elin Figueiredo, uma conservadora-restauradora que se tem dedicado sobretudo à investigação em arqueometalurgia, e do Tiago Miguel Ferreira, um investigador com interesses no estudo e preservação do Património Edificado e com experiência de editor convidado de revistas internacionais. A ambos agradeço o interesse e a disponibilidade para aceitarem envolverem-se neste constante desafio que é a publicação da revista da ARP.

Como nota final, é com satisfação que registo a melhoria generalizada dos indicadores bibliométricos da revista respeitantes a 2017, entretanto divulgados (Tabela 1).

a large time interval between non-thematic issues and would not reduce the waiting time.

The second change that occurs now has to do with the editorial board, namely the team of editors – which was constituted by me, Francisca Figueira and Maria João Revez since 2008. Now, Maria João Revez leaves the editors board, remaining only in the copy editing board, recently created. Personally, I have to thank her for the collaboration over ten years, which started when nobody imagined the developments that *Conservar Património* would go through, and for which she greatly contributed. To hers astuteness, critical spirit, conceptual and formal rigor, the journal owes a lot. Conversely, Elin Figueiredo, a conservator-restorer who has devoted herself mainly to archaeometallurgy research, and Tiago Miguel Ferreira, a researcher with interests in the study and preservation of the Built Heritage and experience as a guest editor of international journal, are now part of the editors board. I thank to both of them for their interest and willingness to be involved in this constant challenge which is the publication of the ARP journal.

As a final note, I am pleased to highlight the general improvement of the 2017's bibliometric indicators for the journal, meanwhile released (Table 1).

- 1 Cruz, A. J.; Figueira, F.; Revez, M. J., 'Sucessos de uma revista em 2017', *Conservar Património* **26** (2017) 7-9, <https://doi.org/10.14568/cp26fm2>.
- 2 Cruz, A. J., 'Conservar Património: equilíbrio entre investigação e intervenção', *Revista PH* (no prelo / in press).
- 3 Cruz, A. J.; Revez, M. J.; Figueira, F., 'Este número e os outros', *Conservar Património* **28** (2018) 9-10, <https://doi.org/10.14568/cp28fm2>.



Licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.
Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>.

Identification of materials used in a wooden coffin lid covered with composite layers dating back to the Ptolemaic period in Egypt

Nour Mohamed Badr^{1,*} 

Mona Fouad Ali²

Nesrin M. N. El Hadidi²

Gamal Abdel Naeem³

¹ Conservation Centre, Grand Egyptian Museum, Ministry of Antiquities, El Mathf Elmasry ElKebir (Grand Egyptian Museum) St., El-Remaya Sq., 12572 Giza, Egypt

² Conservation Department, Faculty of Archaeology, Cairo University, 12613 Giza, Egypt

³ Department Advanced Technologies – Scientific Research, 21934 Burj Al Arab, Alexandria, Egypt

*dr_noor_90000@yahoo.com

Abstract

A wooden coffin lid, of unknown provenance, with ground and colored layers and an ancient textile, was found at the Egyptian Museum basement in Cairo (JE 36806). The information obtained leads to the conclusion that the coffin lid dates back to the Ptolemaic period in Egypt (332-30 BC), whereas the textile does not belong to the coffin lid. Portable x-ray radiography, photography, optical microscopy, reflected light USB microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy with attenuated total reflection (FTIR-ATR), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX), X-ray diffraction (XRD) and Raman spectroscopy were used to assess the deterioration and the structure of the coffin lid and to understand how it was made in the necropolis workshop.

Keywords

Wooden coffin
Abusir El-Meleq
Ptolemaic period
Egyptian Museum in Cairo
Pigments
Binding media

Identificação dos materiais usados na tampa de um sarcófago de madeira com estrutura compósita do período Ptolemaico do Egípto

Resumo

A tampa de um sarcófago de madeira, de proveniência desconhecida, com camadas de preparação e cromática e têxteis antigos, foi encontrada na cave do Museu Egípcio, no Cairo (JE 36806). A informação obtida permitiu concluir que a tampa remonta ao período Ptolemaico do Egípto (332-30 a. C.), enquanto o têxtil não pertence à tampa. Para avaliar a deterioração e a estrutura da tampa do sarcófago e perceber como foi feita na oficina da necrópole, foi usada radiografia de raios X, fotografia, microscopia óptica, microscopia USB de luz reflectida, espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com reflexão total atenuada (FTIR-ATR), espectroscopia de raios X dispersiva de energia (EDX), difracção de raios X (XRD) e espectroscopia de Raman.

Palavras-chave

Sarcófago de madeira
Abusir El-Meleq
Período Ptolemaico
Museu Egípcio do Cairo
Pigmentos
Aglutinante



Introduction

Recent work in the basement of the Egyptian Museum in Cairo led to the rediscovery of a coffin lid of unknown provenance covered with two linen layers (Figure 1). The excavation diary of Otto Rubensohn mentions that the coffin was found in a family tomb at Abusir El-Meleq in 1903-1904, in the northern part of Middle Egypt [1-2]. Five stone sarcophagi were found in a burial grave, each containing a wooden coffin. The coffin lid, with register number JE 36806 at the Egyptian Museum in Cairo, was the third coffin in that find and belonged to Sema-taui, son of Ahmose [3]. It was decorated with many colors, but due to poor preservation conditions during centuries of burial, severe contraction of the wood led to the detachment of the paint layers (Figure 2a) [1].

Two questions related to this lid emerged during work, namely: 1) why was the coffin box of Sema-taui exhibited in the Egyptian Museum, with its mummy and cartonnage, under different register numbers?; 2) why were textile layers found on the lid? The answer for the first question was not found, but an explanation for the second question would be that probably the textile was incorrectly placed on the coffin lid after its transfer from the excavation site to the museum basement. So far it cannot be definitely excluded that the textile layers,

which formed an Osiris shroud (Figure 2b), belonged to the mummy of this coffin. Germer mentioned that one of the mummies found in this burial had an outer linen shroud with designs imitating a net with blue and white faience beads, yet no other reference mentioned the Osiris shroud [3].

In the literature there are examples of coffins that had been covered with textiles in ancient Egypt; nevertheless it is difficult to confirm that the textile shroud on the coffin lid in this study belongs to the coffin. The most famous example is the inner coffin of King Tutankhamun, dating back to the 18th Dynasty, New Kingdom. Other examples include the coffin of Sennefer from Deir el Medineh, also dating back to the New Kingdom [4-6], and the two coffins found by Howard Carter and Lord Carnarvon in 1912-1915 in Upper Egypt, namely the shrouded coffin of Bakamun (called Baki) in the tomb of Neferkhawt and the coffin of a woman called Maarti [6, p. 168].

Careful removal of the textile layers revealed an anthropoid-shaped coffin lid covered with a painted gesso layer, depicting a blue headgear, a pink face with beard, a broad collar formed of strips of floral and geometric shapes, and an image of the sun-god as a winged scarab beetle. The central full-face figure was that of the sky-goddess Nut, on whose body the text of chapter 89 of the *Book of the Dead* was written.



Figure 1. Coffin lid (JE 36806) covered with textile layers at the basement of the Egyptian Museum in Cairo.



Figure 2. a) Wooden coffin lid after the removal of the textile layers; b) the textile layers after their removal from the coffin lid.



Figure 3. Documentation of the deterioration aspects due to wood shrinkage: *a*) separation in the wooden parts; *b-e*) flaking, separation, cupping and overlap of the painted gesso layer; *f-h*) X-ray radiograph pictures (70 kV, 1 s, 35 mA) showing details of the deterioration aspects not visible to the naked eye, *e.g.* longitudinal cracks and gaps under the painted gesso layer.

Research aim

The aim of this study was to identify and study the structural composition (grounds, pigments and media) of the Ptolemaic wooden coffin lid by using non-destructive investigation techniques and analytical methods. The obtained data was used to document the coffin lid and present initial observations of the ancient workshop during the Ptolemaic period (332-330 BC) in ancient Egypt and to assess the object condition in order to set a future treatment and conservation plan.

The assessment of deterioration aspects by visual observation was performed by photography (Figures 3a-3e) and X-ray radiography (Figures 3 f-3h), in order to document the main deterioration factor – wood shrinkage – and its effects.

Material and methods

Samples

This study depended mainly on non-destructive analysis and investigation methods. Microscopic investigation

was applied to the fragmented flakes (surface and cross section). In specific cases, a very small textile fiber and thin wood section (three directions) from detached loose samples were placed on glass slides and examined using a stereo microscope with an attached digital camera.

Other small fragments were used for analytical methods, which included FTIR-ATR, EDX, XRD and Raman, without damaging the samples in order to return them back to their original position on the coffin lid.

Portable X-ray radiography

Portable X-ray radiography, using a Cuattro Slate 25×30 cm wireless Cesium-I Detector system with a tablet monitor, was used for the assessment of the deterioration aspects and all results were compared with those found in previously published research.

Reflected USB digital microscopy

Surface morphology and stratigraphic structure of the painted layers fragments were studied using Veho

USB digital microscope with visible light and Dino-Lite AM4113T USB digital microscope with UV-IR light and 1.3 MP digital camera (its variable magnification ranging from 20 to 200×, depending on the working distance and the sample).

Optical microscopy

Upright microscopy using a Zeiss Axio Imager M1 with an Axio Cam was used to investigate and identify the textile fiber and the wooden sections (200-400×).

Fourier transform infrared spectroscopy coupled with attenuated total reflection (FTIR-ATR)

Sample fragments were analyzed with a FTIR spectrometer Vertex 70 (Bruker) with ATR crystal accessory (Platinum diamond ATR) and standard MIR source, at 2 mm/sec in the spectral region ranging from 4000 to 500 cm^{-1} with 4 cm^{-1} resolution, to identify the organic binding media and some inorganic functional groups in the painted layer.

Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX)

Sample fragments were analyzed by a energy-dispersive x-ray spectrometer model FEI Quanta 200, with a field-emission source, offering a wide range of operating conditions, in which specimens can be examined with high chamber pressure environment. The X-ray analysis was carried out at 20 kV accelerating voltage. This technique was used to determine the elements in each layer of

the painted gesso. The samples were examined in cross section in order to differentiate between the two types of ground layers and the colored layer of the painted surface.

X-ray diffraction (XRD)

Sample fragments were placed on glass slides and analyzed with X-ray diffractometer PANalytical pro model PW3040 with a Cu-target tube and Ni filter at 40 kV and 30 MA. X'Pert High score software was used for identifying the components of the painted layers.

Raman spectroscopy

Sample fragments were analyzed to confirm some of the XRD and FTIR results of the inorganic and organic compounds using a Senterra Raman spectrometer (Bruker) with a 20× objective lens and 785 nm lasers with 5-20 second integration times and 1-10 mW power. Spectra were recorded from 0 to 4000 cm^{-1} . Raman spectra were subjected to baseline correction and smoothed.

Results and discussion

Wooden support

Ancient Egyptian craftsmen dealt with the constraints and limitations of available materials [7]. The coffin lid of Sema-taui appears to be yet another example of such workmanship. It was made of a large hollowed out tree trunk and four planks attached to the main part with wooden dowels. The microphotographs of wood

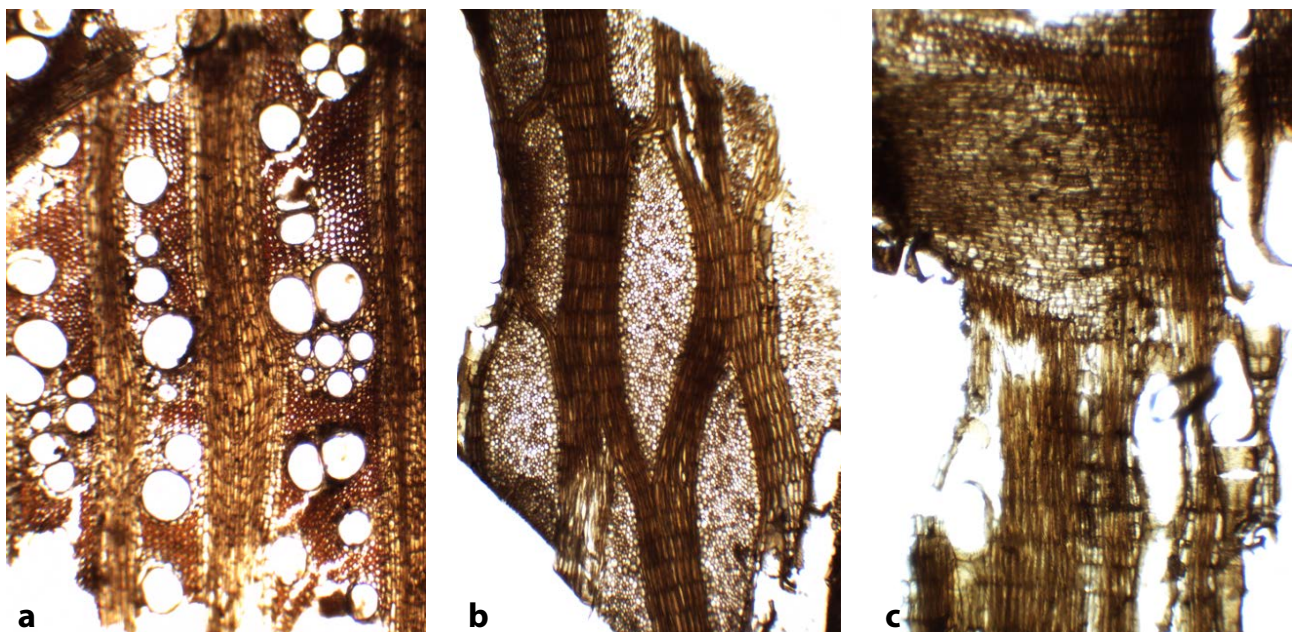


Figure 4. *Tamarix sp.*: a) transverse section showing semi-ring porous vessels, solitary and in small clusters (200×); b) longitudinal section showing larger rays commonly more than 10 seriate; axial parenchyma and vessel elements storied 200×; c) tangential section showing rays commonly 2 to 7 seriate, axial parenchyma storied with simple perforation plates 200×.

thin sections (manually prepared) were taken from the main plank and examined under optical microscopy for identification. The characteristic anatomical features of *Tama sp.* in transverse section included semi-ring porous vessels, solitary and in small clusters (Figure 4a). In longitudinal section, larger rays, commonly more than 10 seriate, axial parenchyma and vessel elements storied were recorded (Figure 4b). Tangential section showed rays, commonly 2 to 7 seriate, and axial parenchyma storied with simple perforation plates (Figure 4c). Two common species of *Tamarix* are native in Egypt (*Tamarix aphylla* with rays exceeding sometimes 20 cells width, and *Tamarix tetragyna* with narrower rays [8-10]) but it was not possible to confirm the wood species used in the coffin lid.

Tamarix wood is often identified in ancient Egyptian artifacts, including coffins [11-14], yet few studies have been undertaken to study materials used in wooden coffins dating back to the Ptolemaic period in Egypt [9].

Tamarix wood, like most types of wood, shrinks in different ratios, in tangential, radial and longitudinal directions of the sawn boards or planks [15]. The major part of the lid was formed by a hollowed out tree trunk, which led to numerous longitudinal cracks, some of which penetrated through the depth of the wood and caused warping, which partly explains the occurrence of detached areas in the painted layers (Figures 3f-3h).

Ground layers

The term *gesso* describes the preparation layer applied to produce a smooth painting surface [16-17]. Investigation of the painted gesso layer (grounds, pigments and binding medium) was primarily done by USB digital microscope under visible light. The ground layer in cross section showed that a paint layer had been applied on two kinds of preparation layers: the lower coarse-grained ground layer, and the upper fine-grained layer. A yellow color may have been added to the bottom ground layer to distinguish this layer from the upper white ground layer (which was applied directly under the paint layer) or the yellowish hue could be due to the binding medium. This was clearly seen while studying the cross section in the red, pink and green color layers, but in the blue cross section the yellow ground layer is directly under the blue pigment.

In the FTIR spectrum (Figure 5a) the following bands were found: 1631 and 1076 cm^{-1} due to OH stretching, 1394 cm^{-1} due to asymmetric CO_3 stretching and 871 and 711 cm^{-1} to O-C-O bending. The last bands are attributed to calcite (CaCO_3) [18].

The EDX analysis showed that the main elements in the lower coarse-grained, yellow ground layer, are calcium and silicon, which are attributed to the presence of calcite and quartz. However, the upper layer is a fine grained layer with calcium as the main element and only traces of silicon, which are attributed to calcite with a silicon impurity, Fe or As elements were not detected

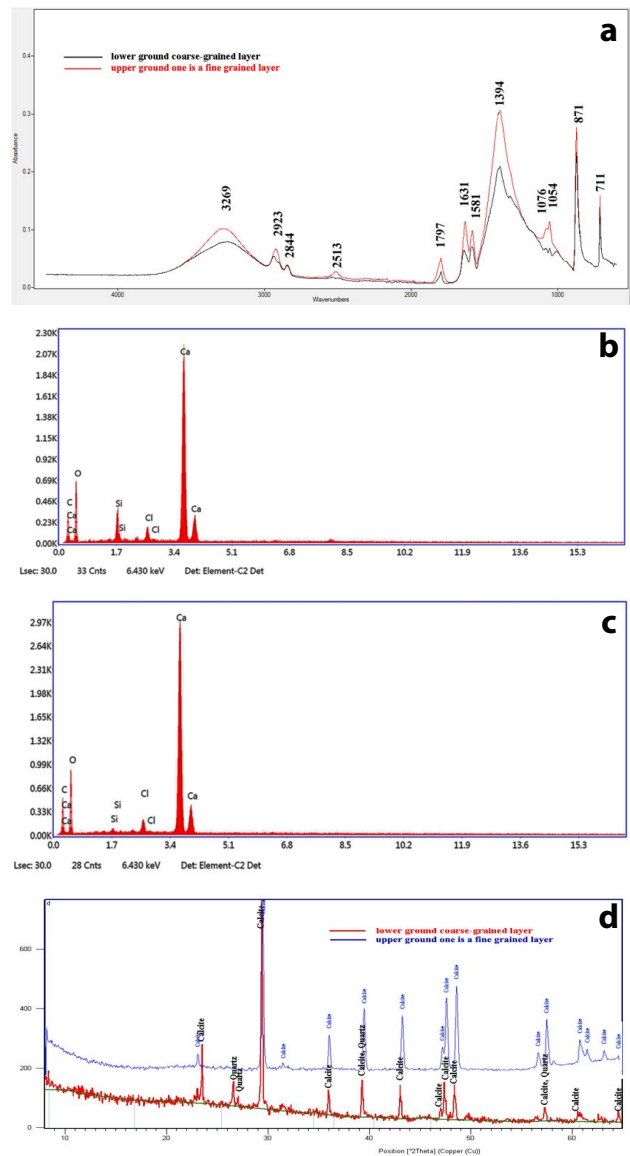


Figure 5. Ground layer: a) FTIR-ATR spectra of both ground layers; b) EDX spectrum of lower coarse-grained ground layer; c) EDX spectrum of upper fine-grained ground layer; d) XRD spectra of both ground layers.

in the lower ground layer with the yellowish hue, which indicates that the yellow color is not due to an inorganic pigment but could be, therefore, from the binding medium (Figures 5b-5c). The XRD analysis proved that the main compounds in the lower coarse-grained ground layer are calcite and silica, but in the upper fine-grained layer the main compound is calcite (Figure 5d).

These results agree with previously published research on ancient Egyptian wooden artifacts, where the ground layer can either be composed of a single structured layer or two gesso preparation layers: a lower ground coarse-grained layer to cover the wood defects, as well as to bond with wooden panels and give a flat surface, and an upper fine-grained layer. In ancient Egyptian polychromic wooden artifacts the main compound of the preparation layer is calcite [14, 19-20].

Painted layer

Blue pigment

Investigation of the blue pigment by USB microscopy showed that the pictorial layer, which is fairly thick, has different chromatic degrees, ranging from pale green to dark blue, and particles with different grain size (Figure 6). The FTIR-ATR spectrum (Figure 7a) exhibits bands at 1323, 1155 and 1056 cm^{-1} . These bands are attributed to a symmetrical Si–O–Si stretching vibration of amorphous silica, while the bands at 752 and 665 cm^{-1} are assigned to the symmetrical Si–O–Si stretching vibrations of crystalline silica [21-22].

The EDX analysis (Figures 7b-7c) showed that the main elements are copper, calcium, silicon and traces of iron. The XRD data show that light blue pigment particles are cuprorivaite ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), quartz (SiO_2) and calcite CaCO_3 (Figure 7d), and dark blue particles are cuprorivaite, quartz, calcite and cuprite (Cu_2O) (Figure 7e). No Raman bands were recorded for the blue pigment samples (785 nm laser) because Egyptian Blue, upon excitation in the visible and NIR, exhibits

strong fluorescence emission with a maximum at about 890 nm [23].

The USB microscope images, FTIR-ATR, EDX and XRD analysis confirmed that the blue pigment was made of Egyptian blue, with two color degrees. The Fe and S elements detected by EDX analysis indicate that desert sand, which includes pyrite (FeS_2), was used as a raw ingredient. Pyrite is difficult to detect by XRD analysis because of its minute percentage. Egyptian blue was used from about the Fourth Dynasty (c. 2639 to 2504 BC) to the Roman period (30 BC to 395 AD) [24]. It was the most famous synthetic pigment in history; it was fabricated by mixing and heating (at around 850-950 °C) quartz, copper, calcite and flux (alkali flux or plant ashes) together [25].

Microscopic investigations showed a light blue pigment layer with coarse morphology of the surface, different chromatic degrees ranging from blue to pale green crystals, and glaze matrix between the blue crystals indicating a heating temperature higher than 900 °C. Quartz is a primary mineral in the mixture and the presence of glass indicates high flux content (alkali flux or wood ashes). If the heating temperature ranges between

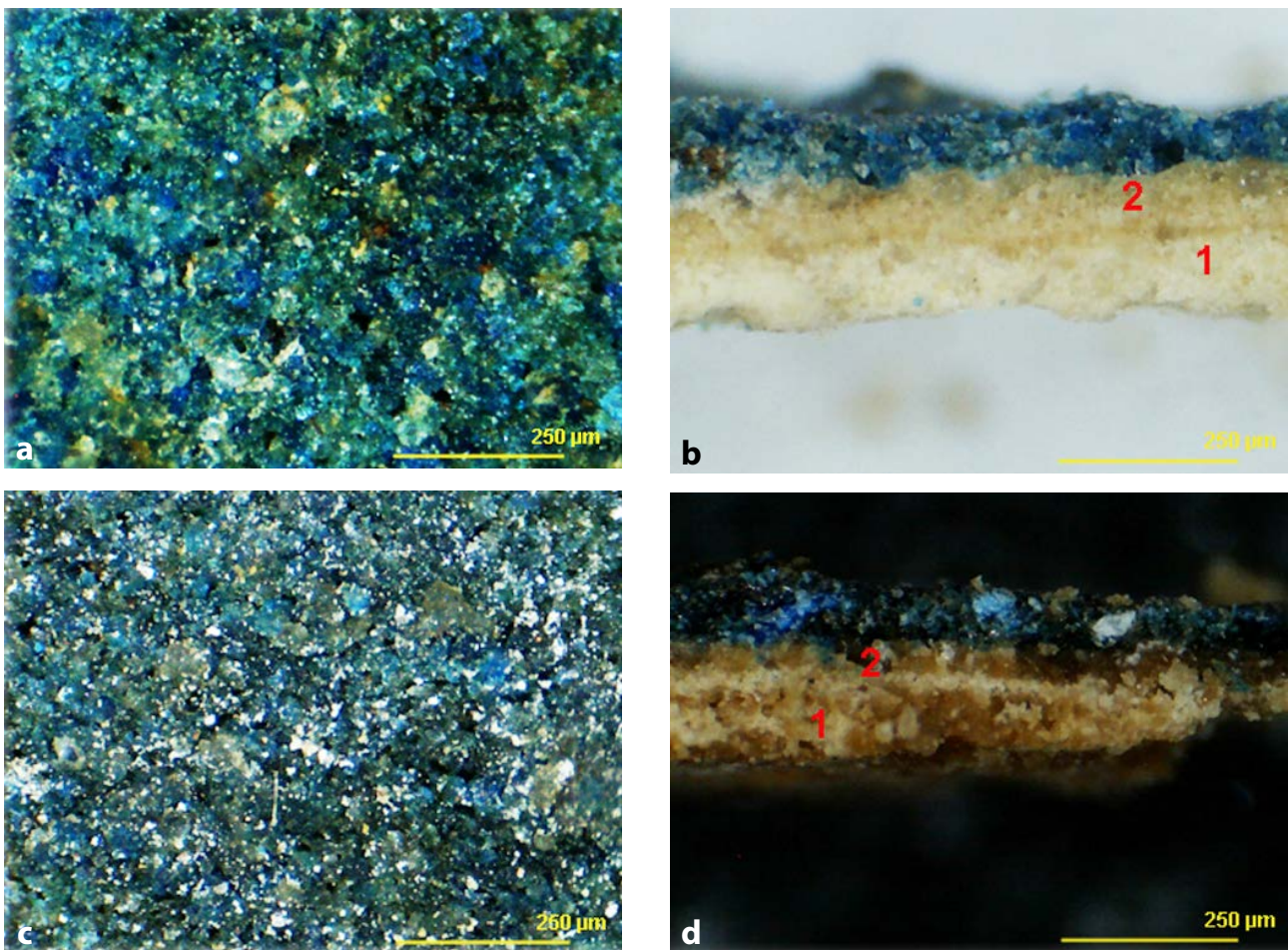


Figure 6. Blue pigment: *a-b*) light blue pigment layer with coarse morphology, different chromatic degrees ranging from blue to pale green crystals and glaze matrix between the blue crystals; *c-d*) dark blue pigment layer with coarse morphology, different crystal blue color, white and transparent yellow.

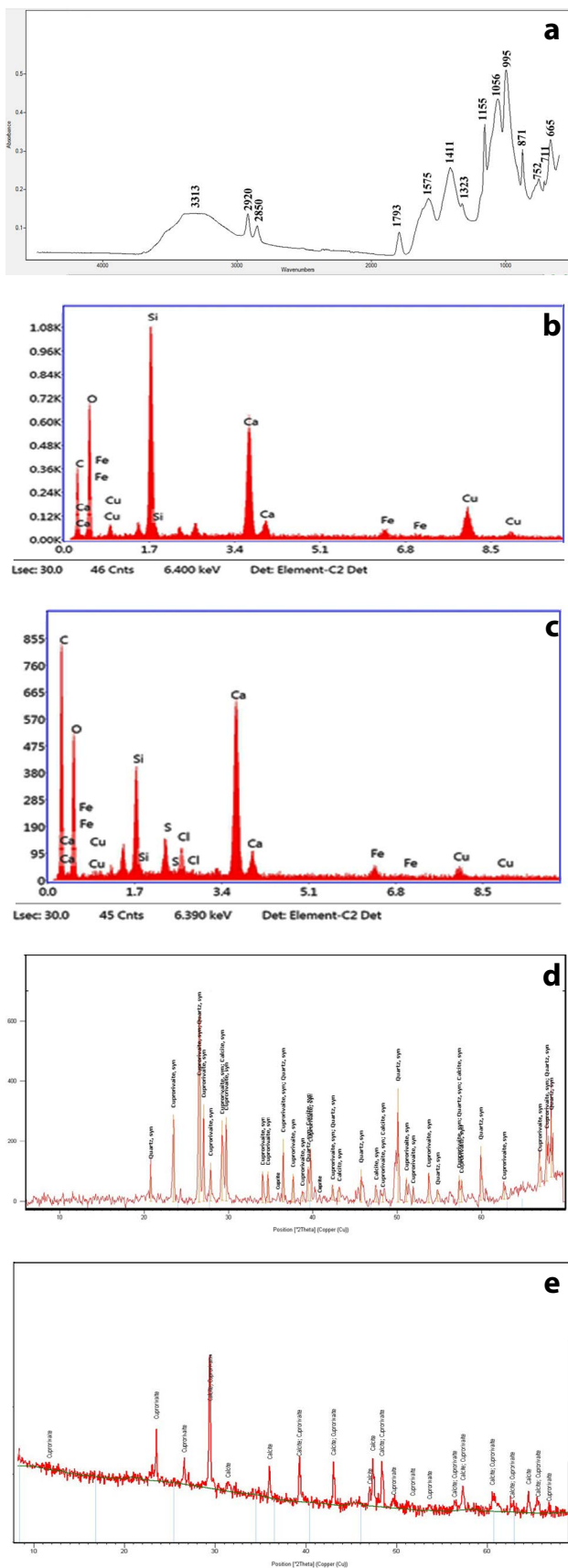


Figure 7. Blue pigment: *a)* FTIR-ATR spectrum of blue pigment; *b)* EDX spectrum of light blue pigment; *c)* EDX spectrum of dark blue pigment; *d)* XRD spectrum of light blue pigment; *e)* XRD spectrum of dark blue pigment.

800-850 °C a dark blue pigment layer with coarse surface morphology appears with different crystal colors composed of blue, white and transparent yellow [26-29].

Red pigment

Investigation of the red pigment by reflected light USB microscopy with visible light showed that the red layer was a dark red, glossy and saturated layer (Figures 8a-b). The UV and IR images show that this glossy and saturated layer is not due to conservation materials that cover the paint layer, but is a mixture of pigment particles, as clearly seen in cross section by IR light (Figures 7c-7e). This shiny layer may have occurred during mixing of the red pigment with a large amount of binding medium. The FTIR-ATR spectrum exhibits two bands at 711 and 661 cm^{-1} assigned to Fe–O–Fe and Fe–O stretching vibrations of hematite (Fe_2O_3) (Figure 9a). The EDX analysis showed that the main elements are Fe, Ca, and Si (Figure 9b). The XRD data proved that the red pigment is red ochre Fe_2O_3 (Figure 9c). This result is confirmed by typical peaks of hematite at 620, 505 and 219 cm^{-1} in the Raman spectrum (Figure 9d) and the band at 442 cm^{-1} indicates well-crystallized hematite [22, 30-34].

Red earth or red ochre (hematite) of varying degrees of crystallinity was the most commonly used and reported red pigments during all ancient Egyptian periods [30, 35]. Samples containing a small proportion of other minerals, including quartz, are best described as ochre, rather than as pure hematite. Red ochre (Fe_2O_3) contains impurities, normally clay minerals, calcite and quartz [34].

Pink pigment

Investigation of the pink pigment by USB microscopy with visible light showed a mixture of red and white grains (Figures 10a-10b). The investigation of the pink pigment in cross section by UV light did not detect any fluorescence that could be attributed to an organic colorant such as madder lake (Figures 10c-10e). The FTIR-ATR spectrum exhibits bands at 3521, 3396 and 3240 cm^{-1} (asymmetric) attributed to O–H stretching, bands at 1107 and 1027 cm^{-1} (asymmetric) attributed to SO_4 stretching and bands at 667 cm^{-1} attributed to gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). The band at 1413 cm^{-1} (asymmetric) is identified as a CO_3 stretching and a O–C–O bending band, and the band at 871 cm^{-1} is attributed to calcite. Two bands at 711 and 667 cm^{-1} are assigned to Fe–O–Fe and Fe–O stretching vibrations of hematite (Fe_2O_3) [22, 35].

The EDX analysis showed that the main elements are Ca, Si, S and Fe. Hematite, calcite and gypsum were evident in the XRD spectrum. These results were confirmed by typical Raman bands at 620, 492, 412, 279, 232 cm^{-1} attributed to hematite, 1085 and 175 cm^{-1} attributed to calcite and 1139, 1007, 620, 412 cm^{-1} attributed to gypsum [22, 30-34].

These results are in accordance with the fact that in ancient Egypt pink was usually obtained from a mixture

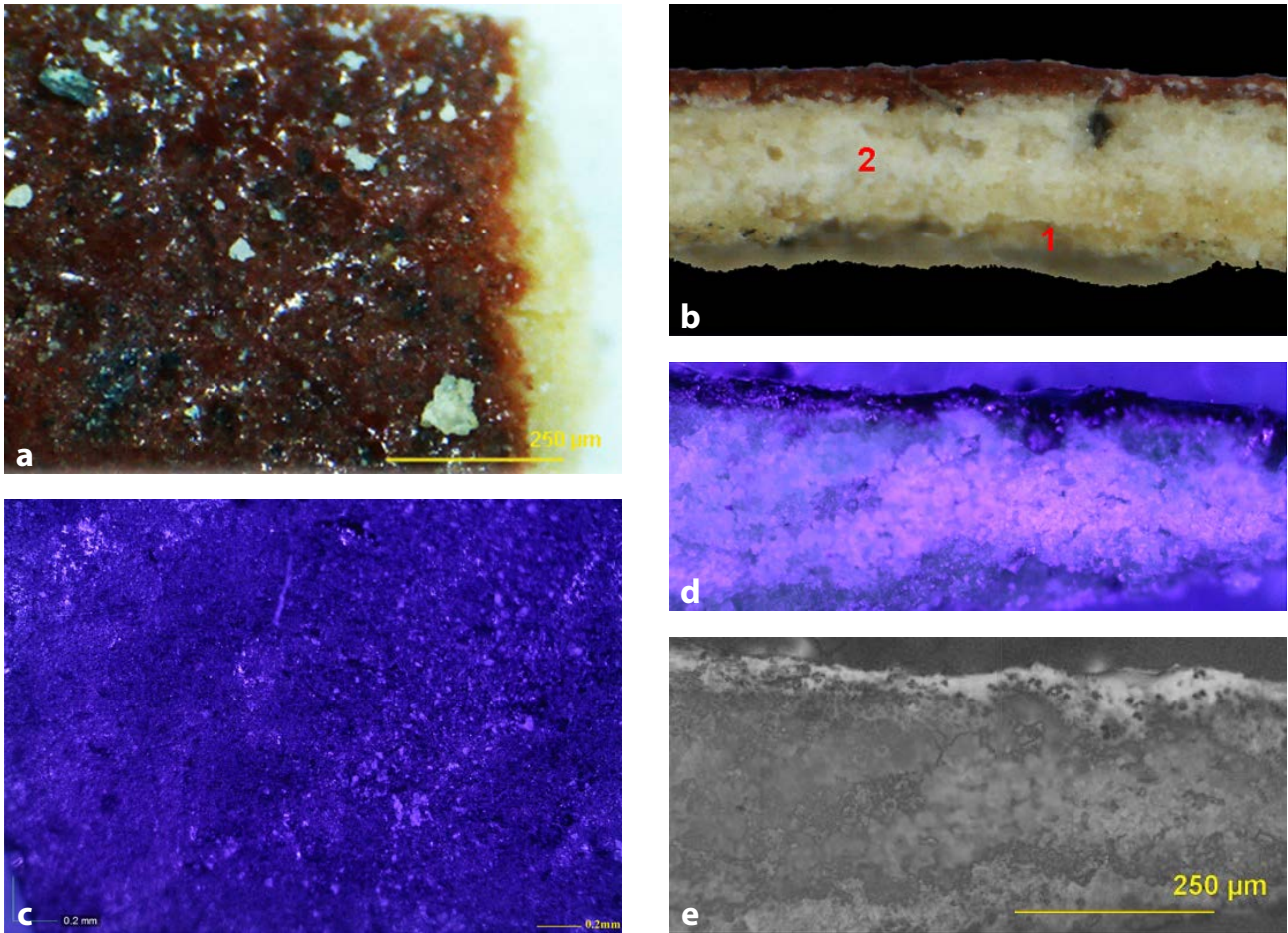


Figure 8. Red pigment: *a-b*) reflected USB microscopy with visible light of dark red pigment layer with homogeneous glossy and saturated layer; *c-e*) reflected USB microscopy with UV and IR light showed that this glossy and saturated layer is not due to conservation materials that cover the paint layer, but is a mixture of pigment particles, as clearly seen in cross section by IR light.

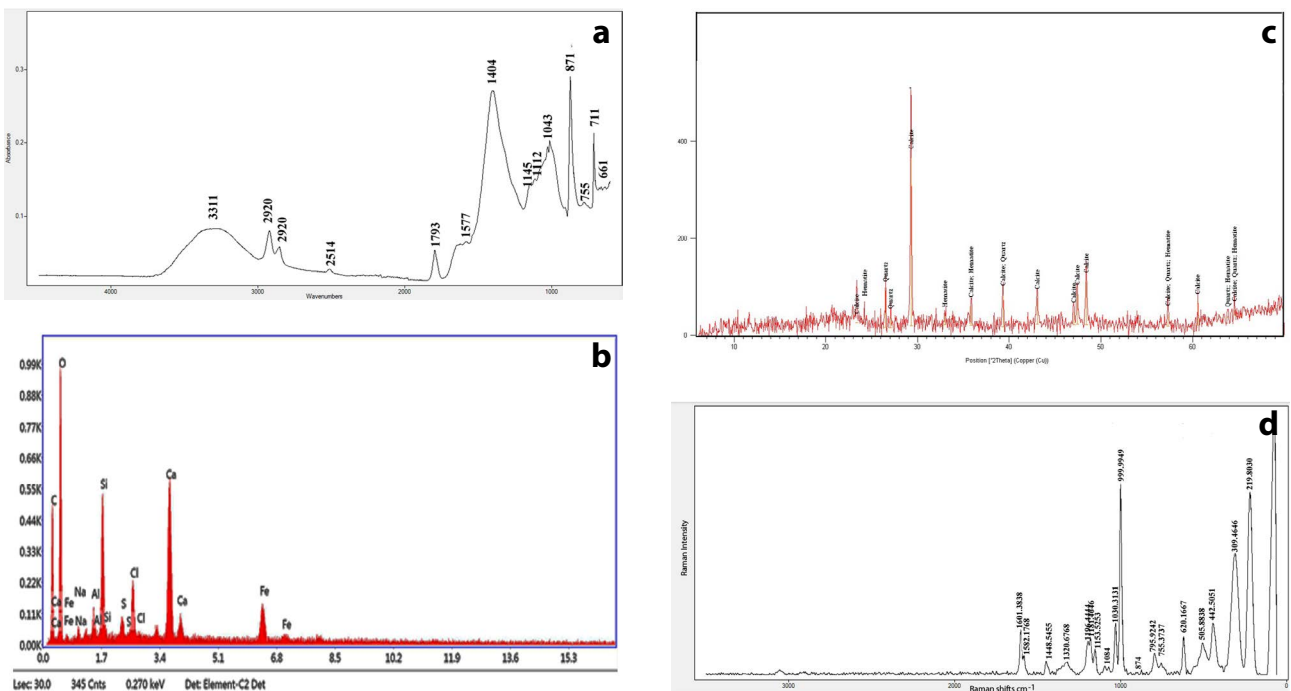


Figure 9. Red pigment: FTIR-ATR (a) EDX (b), XRD (c) and Raman (d) spectra.

of pigments such as red ochre and calcite, or red ochre and gypsum [25].

Green pigment

Investigation of the green pigment by USB microscopy showed a mixture of yellow and blue grains (Figures 11a-11b). The FTIR-ATR spectrum (Figure 11c) exhibits broad strong bands at 1315 and 1110 cm^{-1} and two bands at 1024 cm^{-1} . These bands are attributed to symmetrical Si–O–Si stretching vibrations in amorphous silica, while the bands at 771 and 669 cm^{-1} are assigned to the symmetrical Si–O–Si stretching vibrations in crystalline silica. The bands at 1024, 779 and 669 cm^{-1} are assigned to the symmetrical Fe–O–Fe and Fe–O stretching vibrations of goethite (FeO(OH)). The bands at 3521, 3398 and 3240 cm^{-1} (asymmetric) are attributed to O–H stretching, and the bands at 1110, 1024 (asymmetric) and 669 cm^{-1} are SO_4 stretching and bending bands of gypsum. The bands at 1409 (asymmetric) and 871 cm^{-1} are attributed to CO_3 stretching and O–C–O bending, respectively, of calcite [21-22].

The EDX analysis showed that the main elements are Ca, Si, Cu, S and Fe (Figure 11d). Cuprorivaite, goethite, gypsum and calcite compounds were found in the XRD spectrum (Figure 11e). The results were confirmed by the Raman bands at 1002, 482, 521, 279 cm^{-1} , attributed to goethite, and at 1086, 795, 711, 579, 424 and 365 cm^{-1} , attributed to Egyptian blue (Figure 11f). The bands at 1165, 1002 and 651 cm^{-1} are attributed to gypsum [32 -33].

The detection of Egyptian blue bands by Raman analysis with a 785 nm laser was a surprise since the fluorescence of the pigment usually requires the use of a 1064 nm laser. This occurrence might be attributed to the low percentage of Egyptian blue in the pigment mixture. A green tonality was obtained through a mixture of Egyptian blue, yellow earth and gypsum [25]. The application of such a technique to obtain green colors appeared sporadically in the XIIth Dynasty [36].

Binding medium

FTIR-ATR analysis of the ground and paint layers in the samples (ground layer, blue, red, pink and green paints) showed consistent spectra with N–H stretching bands at 3400–3200 cm^{-1} and C–H stretching bands at 3100–2800 cm^{-1} . The bands at amide I region 1750–1600 cm^{-1} were attributed to C=O stretching, at amide II 1565–1500 cm^{-1} were attributed to C–N–H bending and at the amide III 1229–1301 cm^{-1} to C–H bending. All of them suggest the presence of a binding based on protein (presumably egg yolk) [18, 37-38].

The bands at 1601, 1582, 1448, 1320, 874 and 755 cm^{-1} in the Raman spectra are assigned to the binding medium, attributable to egg yolk [39-41]. These results are supported by the availability of eggs from wild birds, such as geese or ducks in ancient Egypt, while domestic chickens were not introduced until classical times. Egg

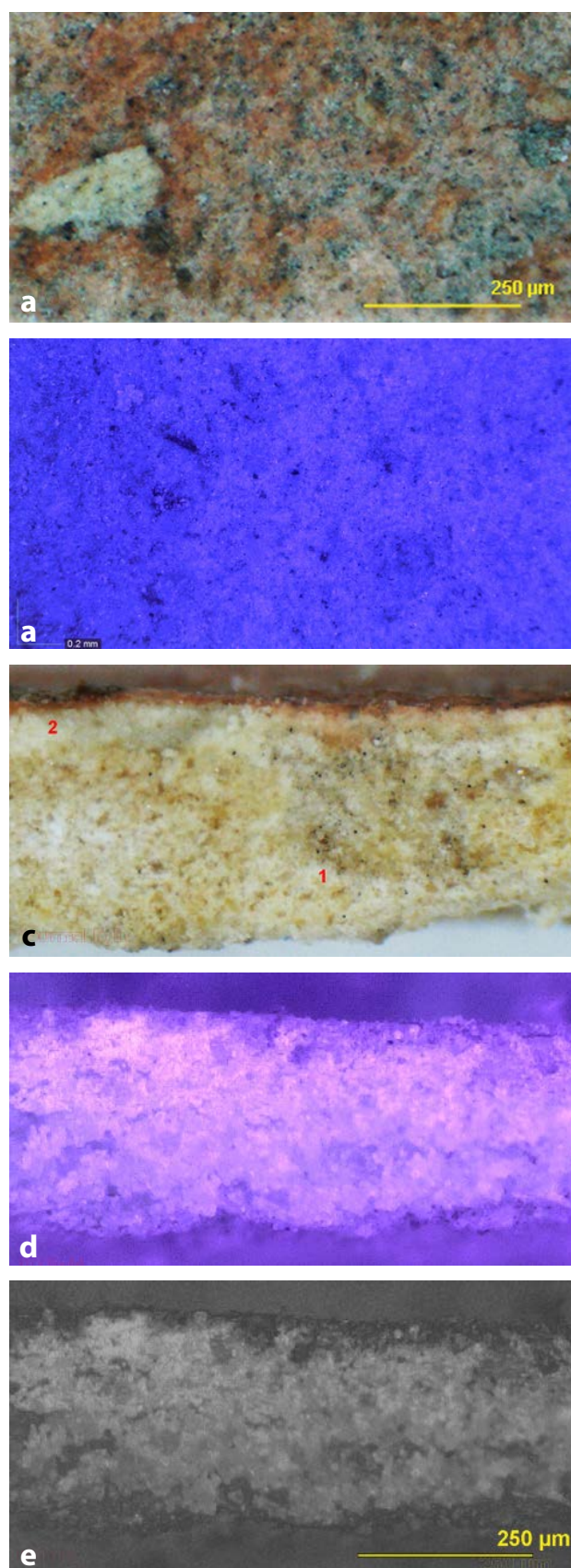


Figure 10. Pink pigment: *a-b*) reflected USB microscopy with visible light of pink pigment, consisting of a mixture of red and white grains; the pigment formed a very thin layer as seen in the cross section; *c-e*) reflected USB microscopy with UV and IR light without fluorescence that could be attributed to an organic colorant such as madder lake.

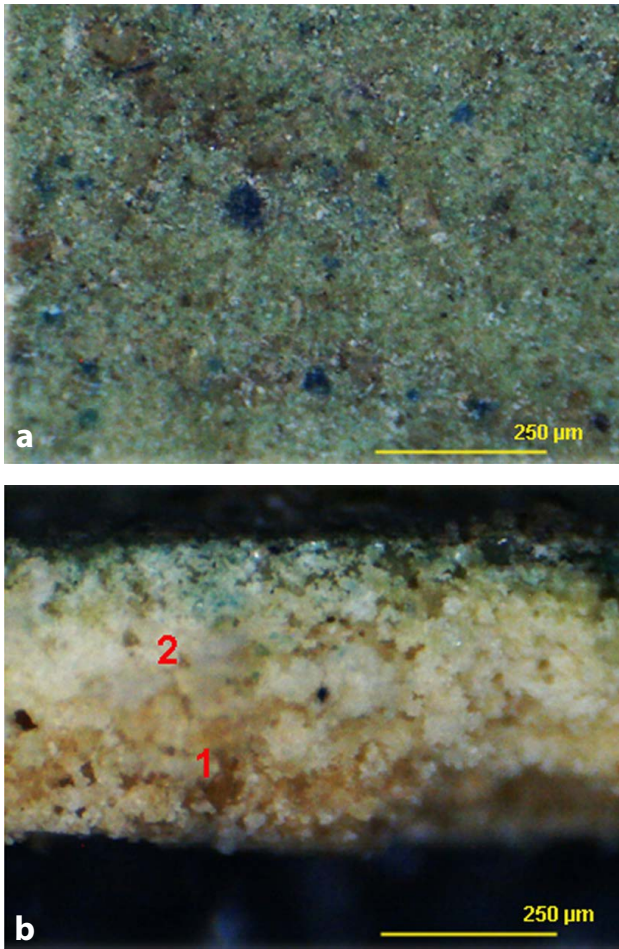
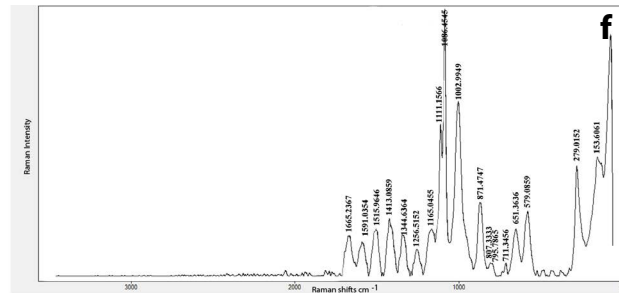
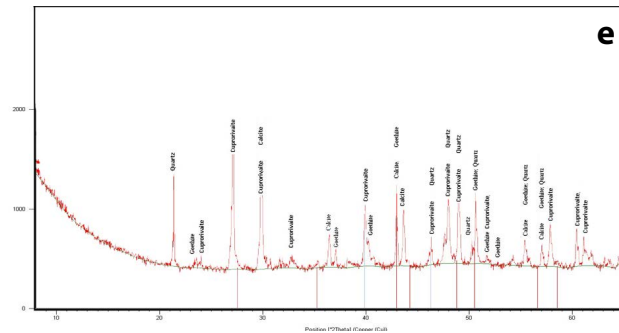
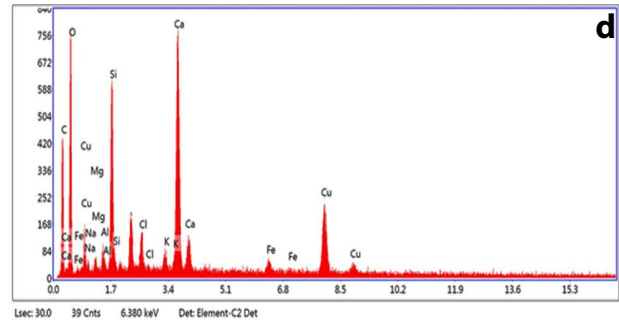
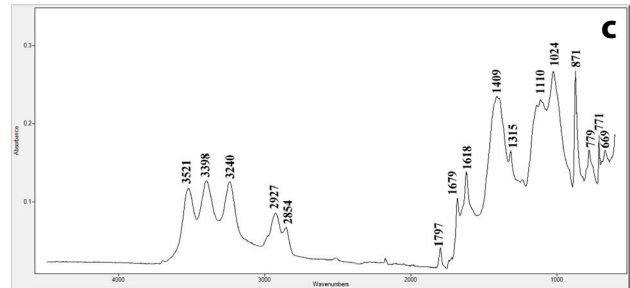


Figure 11. Green pigment: the green pigment with coarse morphology of the surface and blue grains which may have been used in the pigment mixture (a-b); FTIR-ATR (c), EDX (d), XRD (e) and Raman spectra (f).



yolk can be used as an adhesive or binder, by mixing with water. It is a stable emulsion of an aqueous liquid with an oily protein aqueous medium that dries quickly into a hard, insoluble film [42].

Textile layers

Investigation by USB digital microscopy and optical microscopy under visible illumination showed that the textile is a 1/1 plain weave structure (Figure 12a) and colored directly with black pigment (Figure 12b). The linen nodes were clearly seen under the optical microscope (Figure 12c). The majority of ancient Egyptian textiles are reported to be made from linen fiber [43-44].

FTIR-ATR spectra suggest that gum was used to bind the black colorant to the textile surface, because the bands at 3435 and 3275 cm^{-1} (O-H stretching), 2903 cm^{-1} (C-H stretching), 1651 cm^{-1} (O-H bending), 1434 and 1373 cm^{-1} (C-H bending) and 1123 and 1092 cm^{-1} (C-O stretching). No phosphorus bands were detected in the black pigment (Figure 12d). Therefore it is possible to exclude the use of animal sources such as bone black for the colorant and ani-

mal glue for the binder. It is therefore suggested that carbon black based on vegetable source was used, mixed with gum as a binding medium. Gum Arabic has been reported to be the most commonly used binding medium in the preparation of paints in ancient Egypt, by extraction from the stem exudate of several species of acacia trees [18, 42].

Salt

The presence of Cl and Na elements in EDX analysis in all paint samples is indicative of the presence of sodium chloride (NaCl). This may probably be related to the burial soil that surrounded the wooden coffin [35] found in the stone sarcophagi, which was buried directly in soil [3].

Conclusion

Multiple analytical studies (portable X-ray radiography, microscopes, FTIR-ATR, EDX, XRD and Raman spectroscopy) were used to determine the materials used in the Ptolemaic wooden coffin lid covered with composite layers at the Egyptian Museum (JE 36806). The identification of wood species indicated that the ancient Egyptian carpenter made the main part of the coffin lid with a native wood *Tamarix* sp., which was carved to form the coffin. Two preparation layers were observed on the surface of the coffin lid: the first one a coarse-grained ground composed of calcite and quartz, used to minimize the destructive effect of the natural movement of wood, since the coarse and uneven particles of calcite prevent shrinkage of the gesso [7]; the second one, a fine grained layer composed of only calcite, was directly beneath the painted layer.

Pigment analysis confirmed the use of Egyptian blue, red earth, mixture of red earth, calcite and gypsum to obtain the pink hue, and a mixture of Egyptian blue, yellow earth, calcite and gypsum to obtain the green hue. Protein based binding medium (presumably egg yolk) was used in the painted and lower ground layer of the coffin lid, whereas gum Arabic was used in the painted textile layers, mixed with carbon black pigment to color the linen textile surface.




Acknowledgments

The authors would like to thank Sabah Abd El-Razeq, General Director of the Egyptian Museum, Mariana Jung, from Staatliche museum in Berlin, for providing the Otto Rubenson report and Karim Attia for his efforts in the X-ray radiography.

ORCID

Nour Mohamed Badr

 <https://orcid.org/0000-0003-4228-4497>

References

- 1 Rubensohn, O., 'Bericht über die Ausgrabungen bei Abusir el Mäläq im Jahre 1903', *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde* **41-42** (1904) 1-21.
- 2 Bard, K (ed.), *Encyclopedia of the Archaeology of Ancient Egypt*, Routledge, London – New York (1999).
- 3 Germer, R.; Kischkewitz, H.; Lüning, M., *Berliner Mumien geschichten: Ergebnisse Eines Multidisziplinären Forschungsprojektes*, Schnell und Steiner, Regensburg (2009).
- 4 Bruyère, B., *Rapport sur les Fouilles de Deir el Médineh (1928)*, Institut Français d'Archéologie Orientale, Le Caire (1929) 42-43.
- 5 El-Enany, K., 'Un carré de lin peint au musée de l'Agriculture du Caire (inv. 893)', *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale* **110** (2010) 35-45.

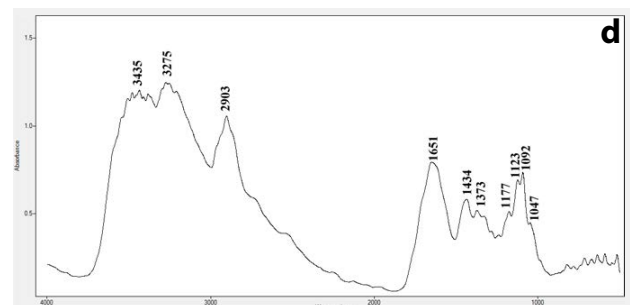
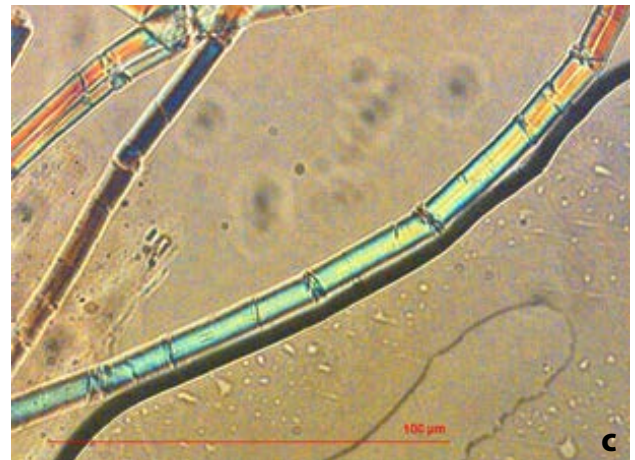


Figure 12. a) USB digital microscopy image that shows a structure in plain weave 1/1 and fragile and dry fibers; b) black pigment applied directly on the textile fabric surface; c) the internal structure of the fiber with nodes characteristic of linen; d) FTIR spectrum of the black pigment on the textile surface.

- 6 Valdemar, S., Sarkofager, *Mumiekister og Mumiehylstre i det Gamle Aegypten*, J. Frimodt, København (1919).
- 7 Dawson, J.; Marchant, J.; Von Aderkas, E.; Cartwright, C.; Stacey, R., 'Egyptian coffins: materials, construction and decoration', in *Death on the Nile Uncovering the Afterlife of Ancient Egypt*, ed. H. Strudwick & J. Dawson, Fitzwilliam Museum, Cambridge (2016) 75-111.
- 8 Wheeler, E. A.; Baas, P.; Gasson, P. E. (ed.), 'IAWA List of microscopic features for hardwood identification: with an appendix on non-anatomical information', *IAWA Bulletin* **10**(3) (1989) 219-332, <https://doi.org/10.1163/22941932-90000496>.
- 9 Anđelković, B.; Victoria, M.; Amorós, A., 'The coffin of Nesmin: construction and wood identification', *Journal of the Serbian Archaeological Society* **21** (2005) 349-364.
- 10 Schweingruber, F.H.; Börner, A.; Schulze, E., *Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees*, Springer, Berlin – Heidelberg (2011).
- 11 Crivellaro, A.; Schweingruber, F. H., *Atlas of Wood, Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs with a Special Focus on Cyprus*, Springer, Berlin – Heidelberg (2013).
- 12 Gale, R.; Gasson, P.; Hepper, N.; Killen, G., 'Wood', in *Ancient Egyptian materials and technology*, ed. P. Nicholson & I. Show, Cambridge University Press, Cambridge (2000) 334-370.
- 13 Gansicke, S., 'The conservation of decorated organic Egyptian surfaces: a literature review', in *Decorated Surfaces on Ancient Egyptian Objects: Technology, Deterioration and Conservation*, ed. J. Dawson, C. Rozeik & M. Wright, Archetype Publications, Cambridge (2010) 67-77.
- 14 Stein, A.; Lacovara, P., 'Observations on the preparation layers found on ancient Egyptian decorated coffins', in *Decorated Surfaces on Ancient Egyptian Objects: Technology, Deterioration and Conservation*, ed. J. Dawson, C. Rozeik & M. Wright, Archetype Publications, Cambridge (2010) 3-8.
- 15 Sadegh, A.; Kiaei, M.; Samariha, A., 'Experimental Characterization of Shrinkage And Density of Tamarix Aphylla Wood', *Cellulose Chemistry and Technology* **46** (2012) 369-373.
- 16 Mecklenburg, M. F.; Tumosa, C. S.; Erhardt, D., 'Structural response of painted wood surfaces to changes in ambient relative humidity', in *Painted Wood: History and Conservation*, ed. V. Dorge & C. Howlett, Getty Conservation Institute, Los Angeles (1998) 464.
- 17 Killen, G., *Ancient Egyptian Furniture*, vol.1, Oxbow Books, Oxford (2017) 7.
- 18 Derrick, M.; Stulik, C. Landry, J., *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*, Getty Publications, Los Angeles (1999) 179-183.
- 19 Lucas, A.; Harris, J.R., *Ancient Egyptian Materials and Industries*, 4th ed., Edward Arnold, London (1962).
- 20 Scott, D. A.; Warmlander, S.; Mazurek, J.; Quirke, S., 'Examination of some pigments, grounds and media from Egyptian cartonnage fragments in the Petrie Museum-University College London', *Journal of Archaeological Science*, **36** (3) (2009) 923-932, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.12.011>.
- 21 Mahmoud, H., 'A multi-analytical approach for characterizing pigments from the tomb of Djehutyemhab (Tt194), Elqurna necropolis, Upper Egypt', *Archeometriai Műhely* **3** (2012) 205-214.
- 22 Mahmoud, H. H. M., 'Investigations by Raman microscopy, ESEM and FTIR-ATR of wall paintings from Qasr el-Ghuieta temple, Kharga Oasis, Egypt', *Heritage Science* **2** (2014) 18. <https://doi.org/10.1186/s40494-014-0018-x>.
- 23 Westlake, P.; Siozos, P.; Philippidis, A.; Apostolaki, C.; Derham, B.; Terlixi, A.; Perdikatsis, V.; Jones, R.; Anglos, D., 'Studying pigments on painted plaster in Minoan, Roman and early Byzantine Crete. A multi-analytical technique approach', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **402**(4) (2012) 1413-1432, <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5281-z>.
- 24 Lee, L.; Quirke, S., 'Painting materials', in *Ancient Egyptian Materials and Technology*, ed. P. Nicholson & I. Show, Cambridge University Press, Cambridge (2000) 104-119.
- 25 Scott, D. 'A review of ancient Egyptian pigments and cosmetics', *Studies in Conservation* **61**(4) (2016) 185-202, <http://dx.doi.org/10.1179/2047058414Y.0000000162>.
- 26 Jaksch, H.; Seipel, W.; Weiner, K.; El Goresy, A., 'Egyptian blue – Cuprorivaite a window to ancient Egyptian technology', *Naturwissenschaften* **70**(11) (1983) 525-535, <https://doi.org/10.1007/BF00376668>.
- 27 Bianchetti, P.; Talarico, F.; Vigliano, M. G.; Ali, M. F., 'Production and characterization of Egyptian blue and Egyptian green frit', *Journal of Cultural Heritage* **1**(2) (2000) 179-188, [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(00\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(00)00165-5).
- 28 Hatton, G. D.; Shortland, A. J.; Tite, M. S., 'The production technology of Egyptian blue and green frits from second millennium BC Egypt and Mesopotamia', *Journal of Archaeological Science* **35**(6) (2008) 1591-1604, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.11.008>.
- 29 Di Stefano, L.M.; Fuchs, R., 'Characterization of the pigments in a Ptolemaic Egyptian Book of the Dead papyrus', *Archaeological and Anthropological Sciences* **3** (2011) 229-244, <https://doi.org/10.1007/s12520-011-0054-3>.
- 30 Ambers, J., 'Raman analysis of pigments from the Egyptian Old Kingdom', *Journal of Raman Spectroscopy* **35** (8-9) (2004) 768-773, <https://doi.org/10.1002/jrs.1187>.
- 31 Bersani, D.; Lottici, P. P., 'Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry', *Journal of Raman Spectroscopy* **47**(5) (2016) 499-530, <https://doi.org/10.1002/jrs.4914>.
- 32 Burgio, L.; Clark, R., 'Library of FT-Raman spectra of pigments, minerals, pigment media and varnishes, and supplement to existing library of Raman spectra of pigments with visible excitation', *Spectrochimica Acta Part A* **57**(7) (2001) 1491-1521, [https://doi.org/10.1016/S1386-1425\(00\)00495-9](https://doi.org/10.1016/S1386-1425(00)00495-9).
- 33 David, A.; Edwards, H.; Farwell, W.; De Faria, D., 'Raman spectroscopic analysis of ancient Egyptian pigments', *Archaeometry* **43**(4) (2001) 461-473, <https://doi.org/10.1111/1475-4754.00029>.
- 34 Hanesch, M., 'Raman spectroscopy of iron oxides and (oxy) hydroxides at low laser power and possible applications in environmental magnetic studies', *Geophysical Journal International* **177**(3) (2009) 941-948, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04122.x>.
- 35 Abdrabou, A.; Abdallah, M.; Kamal, H., 'Scientific investigation by technical photography, OM, ESEM, XRF, XRD and FTIR of an ancient Egyptian polychrome wooden coffin', *Conservar Património* **26** (2017) 51-63, <https://doi.org/10.14568/cp2017008>.
- 36 Ragai, J., 'Colour: its significance and production in Ancient Egypt', *Endeavour* **10** (2) (1986) 74-79, [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(86\)90134-1](https://doi.org/10.1016/0160-9327(86)90134-1).
- 37 Vahur, S.; Teearu, A.; Peets, P.; Joosu, L.; Leito, I., 'ATR-FT-IR spectral collection of conservation materials in the extended region of 4000-80 cm⁻¹', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **408** (13) (2016) 3373-3379, <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9411-5>.
- 38 'ATR-FT-IR spectra of egg yolk (4000-225 cm⁻¹)', in *Database of ATR-FT-IR Spectra of Various Materials*, http://lisa.chem.ut.ee/IR_spectra/paint/binders/egg-yolk/ (accessed 2017-1-31).

- 39 Vandenaabeele, P.; Wehling, B.; Moens, L.; Edwards, H.; De Reu, M.; Van Hooydonk, G., 'Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art', *Analytica Chimica Acta* **407**(1-2) (2000) 261–274, [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(99\)00827-2](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(99)00827-2).
- 40 Nevin, A.; Osticioli, I.; Anglos, D.; Burnstock, A.; Cather, S.; Castellucci, E., 'The analysis of naturally and artificially aged protein-based paint media using Raman spectroscopy combined with Principal Component Analysis', *Journal of Raman Spectroscopy* **39**(8) (2008) 993-1000, <https://doi.org/10.1002/jrs.1951>.
- 41 Osticioli, I.; Nevin, A.; Anglos, D.; Burnstock, A.; Cather, S.; Becucci, M.; Fotakis, C.; Castellucci, E., 'Micro-Raman and fluorescence spectroscopy for the assessment of the effects of the exposure to light on films of egg white and egg yolk', *Journal of Raman Spectroscopy* **39**(2) (2008) 307-313, <https://doi.org/10.1002/jrs.1915>.
- 42 Newman, R.; Serpico, M., 'Adhesives and binders', in *Ancient Egyptian Materials and Technology*, ed. P. Nicholson & I. Show, Cambridge University Press, Cambridge (2000) 475-490.
- 43 Vogelsang-Eastwood, G., 'Textiles', in *Ancient Egyptian Materials and Technology*, ed. P. Nicholson & I. Show, Cambridge University Press, Cambridge (2000) 268-297.
- 44 Borojevic, K.; Mountain, R., 'Microscopic identification and sourcing of ancient Egyptian plant fibres using longitudinal thin sectioning', *Archaeometry*, **55**(1) (2013) 81-112, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2012.00673.x>.

Received: 2017-6-2

Revised: 2017-10-29

Accepted: 2017-11-30

Online: 2018-2-1



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Caracterização química, física e mineralógica da colecção de azulejos hispano-mouriscos do Museu de Lisboa - Teatro Romano

Ana Sofia Leal^{1,2,*} , Luís C. Alves³ , Susana Coentro^{1,2,4} , Sílvia Pereira⁵ , Cátia Relvas⁶, Teresa Ferreira^{6,7} , José Mirão^{6,8} , Lídia Fernandes⁹, Vânia Solange Muralha^{2†} 

¹ Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal; ² VICARTE, Unidade de Investigação Vidro e Cerâmica para as Artes, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal; ³ Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Estrada Nacional 10, 2695-066 Bobadela LRS, Portugal; ⁴ LAQV-REQUIMTE, DQ, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal; ⁵ Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Av. Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal; ⁶ Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Largo Marquês de Marialva 8, 7000-809 Évora, Portugal; ⁷ Departamento de Química, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal; ⁸ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal; ⁹ Museu de Lisboa – Teatro Romano, Pátio do Aljube 5, 1100-091 Lisboa, Portugal

* anasleal@gmail.com

Resumo

Neste trabalho estuda-se um conjunto de fragmentos de azulejos hispano-mouriscos do espólio do Museu de Lisboa – Teatro Romano. Apresenta-se a caracterização química e morfológica dos vidrados e do corpo cerâmico e a caracterização mineralógica deste último. Os vidrados são plúmbicos, sendo que os de cor branca e azul devem a sua opacidade a SnO₂ (4-11 %). As restantes cores apresentam teores de SnO₂ inferiores a 2 %. O corpo cerâmico é típico de pastas calcíticas, sendo os teores de CaO de 16-28 % e de Fe₂O₃ de 4-5 %, este último responsável pela cor creme/rosada. O estudo mineralógico permitiu identificar wollastonite, calcite, diópsido e plagioclases cálcicas. Os resultados indicam que as temperaturas de cozedura foram geralmente próximas de 1000 °C enquanto em alguns casos terão provavelmente estado mais perto dos 900 °C. A caracterização física revelou valores de 30-42 % para a porosidade aberta, distribuição de tamanho de poros bimodal, absorção máxima de água de 16-26 % e coeficientes de absorção de água por capilaridade de 1,5-6,1 kg·m⁻²·h^{-1/2}.

Palavras-chave

Azulejos hispano-mouriscos
Vidrados plúmbicos
Corpo cerâmico
Composição química
Características físicas
Escavação arqueológica

Chemical, physical and mineralogical characterisation of the Hispano-Moresque tile collection from Lisbon Roman Theatre Museum

Abstract

This work intends to study a set of Hispano-Moresque tile fragments from the Lisbon Roman Theatre Museum collection. The chemical and morphological characterization of the glazes and the ceramic body was presented and also the mineralogical characterization of the latter. The glazes are plumbic, being the opacity of the white and blue colors due to SnO₂ (4-11 %). The other colors present amounts of SnO₂ lower than 2 %. The ceramic body is typical of calcite-based pastes with CaO between 16-28 % and Fe₂O₃ between 4-5 %, the latter being responsible for the cream/rose color. The mineralogical study identified wollastonite, calcite, diopside and calcic plagioclases. The results indicate that the firing temperature was generally around 1000 °C while in some cases it was probably closer to 900 °C. Physical characterization revealed values of 30-42 % for open porosity, a bimodal pore size distribution, a maximum water absorption of 16-26 % and a water absorption coefficient by capillarity of 1,5-6,1 kg·m⁻²·h^{-1/2}.

Keywords

Hispano-Moresque tiles
Plumbic glazed
Ceramic body
Chemical composition
Physical characteristics
Archaeological excavation

ISSN 2182-9942



Azulejos hispano-mouriscos

O termo *azulejo*, do árabe *azzelij*, designa uma peça composta por duas partes: um corpo cerâmico e um vidrado. O corpo cerâmico, denominado *chacota*, é um corpo poroso de composição e espessura variada, geralmente quadrado e que serve de base para aplicação do vidrado. Este vidrado é obtido a partir de pequenos fragmentos de vidro (opaco ou transparente) que, após a sua fusão, adquire uma estrutura sólida e impermeável [1]. O azulejo permite criar incríveis padrões decorativos, sendo usado como elemento associado à arquitectura de revestimento de superfícies interiores ou exteriores ou como elemento decorativo isolado [2]. Os azulejos podem ser diferenciados pelo tipo de corpo cerâmico, vidrado, decoração e técnica de manufactura [3].

Os vidrados opacos estanferos mais antigos que se conhecem surgiram no Iraque no século VIII [4]. A tecnologia destes vidrados chega à Península Ibérica por volta do século XI, durante a ocupação islâmica, promovendo o desenvolvimento de importantes centros produtores de cerâmica durante os séculos seguintes [5]. Os maiores centros de produção na Península Ibérica do período islâmico são Toledo, Levante e Andaluzia, que se mantiveram em actividade mesmo após a conquista cristã [6-8]. A tecnologia usada na altura está registada num dos primeiros tratados de cerâmica, de Abu'l Qasim (1301), escrito na Pérsia, e que permaneceu até à actualidade [9-10].

A fusão entre as técnicas mouriscas (islâmicas) e a dos centros de produção cristãos criou um novo estilo decorativo, denominado “hispano-mourisco” [8]. Este estilo, que recorre às composições geométricas e fitomórficas, pode apresentar três técnicas decorativas distintas: alicatado, corda-seca e aresta.

As cores características da azulejaria hispano-mourisca são o branco, o azul, o verde, o âmbar e o castanho [1]. A introdução de azulejos hispano-mouriscos em Portugal, nos finais do século XV, deve-se às influências islâmicas e à importação deste tipo de azulejos vindos, por exemplo, de Sevilha [6, 11]. Actualmente, devido à descoberta de documentação escrita [1] e de azulejos de aresta num forno na margem sul do Tejo [12], é considerada também a possível existência de uma produção nacional.

No contexto português, o património azulejar mostra grande dinâmica, constituindo um evidente representante cultural pela relevância e qualidade dos conjuntos que se conservam. Contudo, poucos são os estudos de caracterização analítica dos azulejos hispano-mouriscos.

O contexto arqueológico e a colecção de azulejos do Museu de Lisboa – Teatro Romano

O Museu de Lisboa – Teatro Romano ocupa o segundo piso de um edifício com frente para a Rua Augusto Rosa (datável de época pombalina mas que sucedeu a um

edifício anterior onde funcionou o Celeiro da Mitra) e um outro imóvel, do século XIX, com pátio anexo, com frente para a Rua de S. Mamede. Foi nestes locais, no interior do espaço museográfico e a sul do teatro (monumento datável dos inícios do século I d.C.) [13-15], que se realizaram as campanhas arqueológicas de onde provém a colecção de azulejos que agora se apresenta [16-17].

A escavação no interior do edifício do museu evidenciou uma grande espessura estratigráfica que atinge praticamente 9 m de profundidade. A análise documental permitiu chegar à conclusão de que esta área, à época do terramoto, era pertença do Conde de Valadares [18, fol. 11], ainda que o seu palácio se situasse no actual Largo do Carmo [16]. Os vestígios colocados a descoberto permitem identificá-los como pertencendo a uma estrutura habitacional que se implanta a sul do edifício do antigo Celeiro da Mitra e adossa, a norte, à estrutura do *post scaenium* do teatro que, neste local, foi aproveitado como alicerce da fachada do edifício oitocentista. A intervenção evidenciou que toda a área foi integralmente preenchida pelos escombros resultantes da reconstrução que, nesta parte da cidade, ocorreu a partir dos finais do século XVIII.

O mais curioso nas estruturas colocadas a descoberto é o facto de, pelo seu razoável estado de conservação, ser possível a sua identificação funcional. Assim, é pertinente afirmar que nos encontramos no interior de uma habitação edificada nos inícios do século XVII (ainda que com vestígios de uma edificação anterior), da qual se mantém parte da sua fachada sul, que daria para o antigo Beco do Aljube, por trás do Celeiro da Mitra, pequena artéria detectada na escavação. Este pequeno beco foi desactivado com a reconstrução pombalina. A parede norte desta construção é constituída pelo *post scaenium* pertencente ao teatro. Esta face da estrutura romana mantém uma altura superior a 9 m, sendo possível indicar distintas funcionalidades consoante os seus pisos: habitação nos dois pisos superiores, sendo o rés-do-chão utilizado como pequeno estábulo e arrecadação. Estes dados são-nos transmitidos pelos vestígios construtivos que deixaram marcas no paramento da estrutura romana.

Relativamente ao acervo cerâmico, é incontornável a referência ao espólio azulejar, de tradição hispano-árabe e de exemplares enxaquetados (cores branca, azul e verde), atribuível a finais do século XVI - inícios do século XVII, que permite caracterizar o ambiente habitacional dos pisos superiores desta habitação. O conjunto azulejar que agora se analisa em termos cronológicos pode ser distribuído por dois grupos. Doze espécimes foram recolhidos em 2001, em contextos mais superficiais onde se encontram misturados níveis estratigráficos atribuíveis ao terramoto de 1755 e à reconstrução posterior que se lhe seguiu. Catorze azulejos têm origem nas campanhas arqueológicas posteriores, concretamente em 2010 e 2011, onde se atingiram níveis inferiores, com um contexto claramente atribuível ao terramoto e, poderemos dizê-lo, ao dia 1 de Novembro de 1755 [16]. Na campanha arqueológica de 2011 ficou claramente demonstrado que

a área térrea funcionaria, à altura do terramoto, como arrecadação para apetrechos equestres, guarda de pipas de vinho e também como celeiro para alimento de animais. Esta colecção de azulejos é considerada ímpar pelo facto de estar enquadrada na estratigrafia da envolvência do teatro romano de Lisboa (TRL), monumento de enorme interesse, e por ser objecto de um dos primeiros estudos de azulejos hispano-mouriscos da região de Lisboa [1].

Da colecção de azulejos hispano-mouriscos do TRL foram seleccionadas para o presente estudo 26 peças: 12 da escavação de 2001, denominadas TRL01; e 14 das escavações de 2010 e 2011, denominadas TRL010 e TRL011, respectivamente. Estas peças possuem várias técnicas decorativas (aresta, corda-seca e plano) e motivos geométricos/fitomórficos realizados com vidrados plúmbicos/estaníferos de coloração branca, azul, verde, âmbar e castanha sobre um corpo cerâmico (chacota) de várias granulometrias e colorações (amarela, laranja/rosa, vermelha), exibindo diferentes tipologias decorativas tal como é mostrado na Figura 1.

Metodologia de análise

Caracterização química, morfológica e mineralógica

A caracterização química foi realizada através de espectrometria de emissão de raios-X induzida por partículas (μ -PIXE) com uma microsonda nuclear de

varrimento modelo OM150 da marca Oxford Microbeams, utilizando um feixe de 1 MeV de prótons focado numa área de $3 \times 4 \mu\text{m}^2$. A amostra foi irradiada sob vácuo e os raios X produzidos foram recolhidos num detector Brüker SDD com 145 eV de resolução. A aquisição e manipulação de dados foi feita através do software OMDAQ e a análise quantitativa foi realizada com o programa GupixWin. Os valores apresentados sobre a composição química de vidrados e chacotas referem-se a percentagem mássica.

Utilizou-se um microscópio electrónico de varrimento com microanálise por raios X (SEM-EDS) HITACHI S-3700N com um detector Brüker Xflash 5010 SDD em modo de pressão variável. As amostras foram estudadas sob a forma de secção polida e as análises foram feitas sob pressão de 40 Pa e aceleração do feixe primário de 20 kV para a obtenção de imagens em modo de electrões retrofundidos e análise química. A resolução do detector de EDS é de 123 eV para a linha $K\alpha$ do Mn. Os dados de EDS foram obtidos com o software Esprit1.9 da Brüker. As medições da interface vidrado-corpo cerâmico foram realizadas directamente na imagem de SEM. A sua largura foi calculada através da distância entre o vidrado e corpo cerâmico numa zona heterogénea onde é evidente a presença de grande número de inclusões de minerais e pequenas bolhas de gás.

As análises de microespectroscopia Raman (μ -Raman) foram realizadas nas secções polida das amostras usando um espectrómetro Raman modelo Labram 300 Jobin Yvon. Para a aquisição dos espectros utilizou-se um laser de He-Ne com linha de excitação de 632,8 nm (17 mW) e

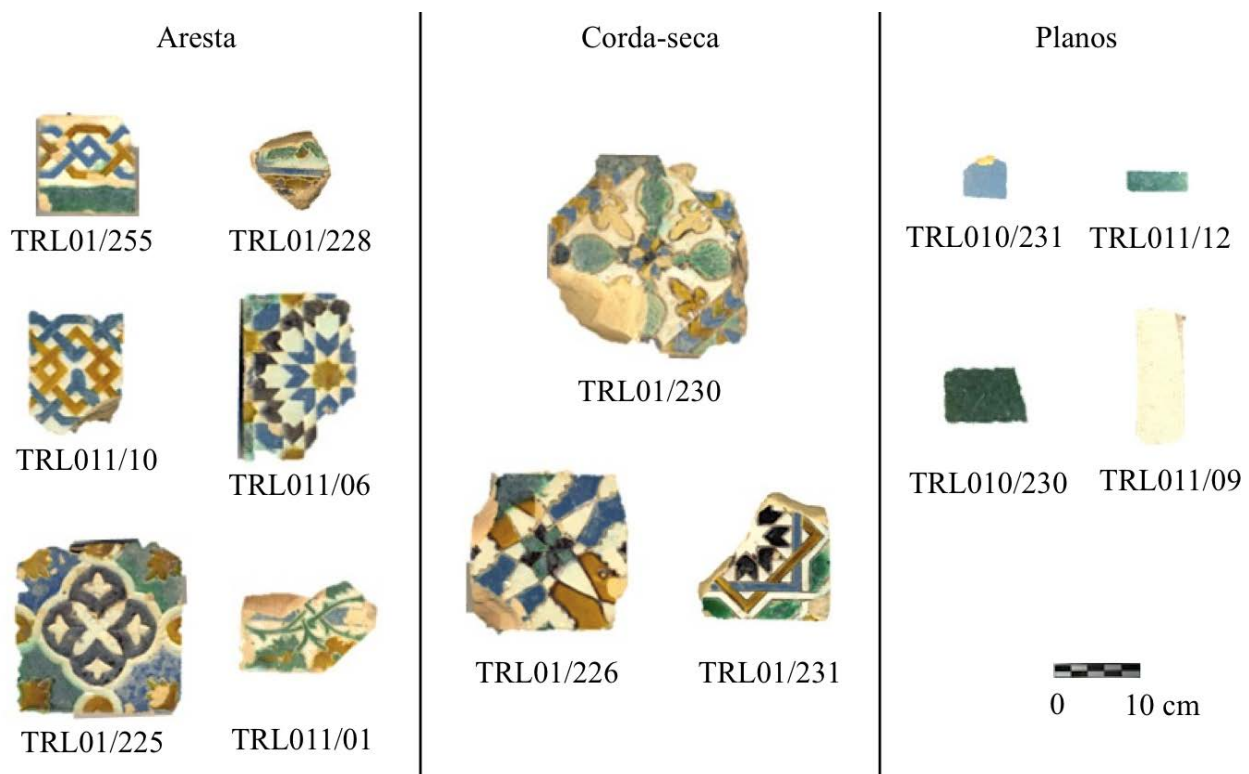


Figura 1. Exemplares de diferentes tipologias dos azulejos do TRL estudados.

um laser de estado sólido com linha de excitação de 532 nm (500 mW). Os lasers foram focados com objectivas Olympus, de 50× ou 100×. A potência usada pode ser alterada através de filtros neutros.

As análises por microdifracção de raios X (μ -DRX) foram realizadas directamente em pequenas quantidades de amostras do corpo cerâmico dos azulejos sem qualquer tipo de preparação prévia. O equipamento utilizado foi um difractómetro Brüker AXS D8 Advance equipado com um conjunto de espelhos Göbel e um detector LynxEye 1D. Neste estudo foi usada a radiação $K\alpha$ do Cu, obtida a partir de um tubo de raios X operando com diferença de potencial de 40 kV e corrente de 40 mA. Foi utilizado um colimador do feixe de 0,3 mm e fizeram-se varrimentos de 3° a 75° (2 θ), com um passo de 0,05° (2 θ) e 2 s de tempo por passo. O software usado na aquisição de dados e na análise dos difractogramas foi o Diffrac Commander versão 3.0, da Brüker, e o Diffrac.Eva, versão 3.0, também da Brüker, respectivamente.

Caracterização física

A medição da porosidade aberta e densidade foi realizada segundo os procedimentos do LNEC [19], baseado na norma europeia EN-1936. Os azulejos foram secos numa estufa (Thermo-Heraeus) à temperatura constante de 60 ± 5 °C até massa constante. O ensaio foi realizado à temperatura ambiente de 20 °C e humidade relativa (HR) de 59 %. A massa dos azulejos secos foi registada ($M1$), sendo estes depois colocados numa câmara sob vácuo durante 24 h. Foi seguidamente introduzida água desmineralizada até os azulejos estarem totalmente submersos permanecendo na água e sob vácuo durante mais 24 h. Após este tempo foi restabelecida a pressão atmosférica ficando os azulejos a repousar imersos durante novas 24 h. A massa dos azulejos ainda imersos em água ($M2$) e saturados, mas fora de água ($M3$), foi então registada. Considerando o valor da densidade da água (ρ_a) à temperatura do ensaio (21°C) como aproximadamente 1 g·cm⁻³, foi calculado o valor da porosidade aberta (P), teor máximo de água absorvida (TMA), densidade real (DR) e densidade aparente (DA) através das seguintes expressões:

$$DR = M1 \div (M1 - M2) \cdot \rho_a \text{ (kg.m}^{-3}\text{)}$$

$$DA = M1 \div (M3 - M2) \cdot \rho_a \text{ (kg.m}^{-3}\text{)}$$

$$P = (M3 - M1) \div (M3 - M2) \cdot 100 \text{ (\%)}$$

$$TMA = (M3 - M1) \div M1 \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Na porometria por intrusão de mercúrio (MIP) as amostras de corpo cerâmico foram secas numa estufa (Thermo-Heraeus) à temperatura de 60 ± 5 °C até massa constante. O equipamento usado foi um Quantachrome Autoscan, assumindo um ângulo de contacto de 140° e com uma faixa de pressão que corresponde a uma medição de poros por MIP na gama de 0,001 a 5 µm. O

ensaio foi realizado de acordo com o procedimento do LNEC LERO-PE15 que é baseado na norma americana ASTM D4404-84.

O coeficiente de absorção de água e capacidade de imbibição foram determinados de acordo com a norma europeia EN ISO 1045-3: determinação da absorção de água [20]. Os azulejos foram previamente secos numa estufa (Thermo-Heraeus) à temperatura de 60 ± 5 °C até massa constante. Posteriormente, estas amostras foram posicionadas sobre uma rede, num recipiente plano com água desmineralizada atingindo esta cerca de 0,2 cm de altura da chacota dos azulejos. O incremento de absorção de água foi monitorizado pela pesagem periódica das amostras até massa constante (fase de saturação). O ensaio foi realizado à temperatura de 20 °C e HR de 59 %.

Os valores obtidos para a porosidade referem-se a percentagem em volume e o teor máximo de água absorvida e capacidade de imbibição são expressas em percentagem mássica.

Caracterização química, morfológica, mineralógica e física

Vidrado e interface

Caracterização química (μ -PIXE)

As cores identificadas nos azulejos da colecção TRL – branco, azul, verde, âmbar e castanho – estão de acordo com a paleta cromática da cerâmica hispano-mourisca. Os vidrados em estudo são, como esperado, plúmbicos cujos óxidos maioritários são o PbO e o SiO₂ (Tabela 1). O teor de PbO encontra-se sensivelmente entre 31 e 59 % e o de SiO₂ entre 34 e 45 %. A soma destes teores perfaz valores entre 71 e 90 % da composição total dos vidrados. Existe um grupo de azulejos planos monocromáticos de cores verde (TRL010/230 e TRL011/12), branca (TRL011/09) e azul (TRL010/231) que apresenta composição em PbO, SiO₂ e SnO₂ ligeiramente diferente da restante colecção. A amostra de vidrado azul plana (TRL010/231) destaca-se pelo menor teor de PbO (22 %) e maior teor de SiO₂ (51 %) de todas as amostras analisadas.

Em relação aos óxidos em menor proporção, obtiveram-se teores de Al₂O₃ entre 1 e 4 %, de CaO entre 0,5 e 5 %, de K₂O entre 0,6 e 4 %, de Na₂O entre 0,3 e 4 % e de Fe₂O₃ entre 0,2 e 4 %. O Cl apresenta um valor máximo de 0,7 %. A presença deste elemento pode indicar o uso de cinzas de plantas costeiras ou de sal comum (NaCl) como fundente [21-22]. Em geral, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO, TiO₂ foram identificados em todos os vidrados estando, possivelmente, associados às matérias-primas usadas (areias) [21, 23-26], à difusão/migração entre vidrado e chacota durante a cozedura [21, 24-25, 27-28], ou à ocorrência de contaminação com sais e matéria orgânica dos solos e águas devido à natureza arqueológica das amostras [26-30].

Tabela 1Composição química, em percentagem mássica (valores normalizados), obtida por μ -PIXE para os vidrados dos azulejos do TRL, divididos por tipologias e cores

Amostras	Cor do vidrado	Técnica	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	CuO	As ₂ O ₃	SnO ₂	BaO	PbO
TRL01/225	Branco	A	2,07	0,36	2,14	38,5	0,39	3,01	2,16	-	-	0,46	-	-	-	-	5,85	-	45,1
TRL01/246	Branco	A	2,13	0,50	2,72	40,8	0,44	2,57	2,43	0,14	-	0,66	-	-	0,30	-	4,65	-	42,7
TRL01/267	Branco	A	2,03	0,55	1,96	43,1	0,32	3,35	3,36	0,18	0,04	0,54	-	-	-	-	6,72	-	37,9
TRL01/04	Branco	A	1,66	0,52	2,07	40,8	0,24	2,98	2,48	0,14	-	0,54	-	-	-	-	5,37	-	43,2
TRL01/10	Branco	A	2,49	0,34	1,84	43,1	0,57	2,73	1,86	0,15	-	0,41	-	-	-	-	6,61	-	39,9
TRL01/226	Branco	CS	3,51	0,41	1,94	41,3	0,56	2,42	2,41	0,14	-	0,55	-	-	-	-	5,74	-	41,0
TRL01/231	Branco	CS	2,78	0,50	1,73	40,3	0,73	2,19	2,14	0,12	-	0,48	-	-	-	-	6,33	-	42,7
TRL01/09	Branco	P	0,37	0,10	2,30	44,5	0,10	1,16	0,69	0,07	-	0,23	-	-	-	-	10,63	-	39,9
TRL01/225	Azul	A	2,07	0,38	1,89	41,4	0,38	3,76	2,94	0,12	0,03	2,06	0,54	0,09	0,17	-	5,92	-	38,3
TRL01/225	Azul	A	2,40	0,29	1,59	40,2	0,59	3,26	1,97	0,12	-	1,67	0,54	0,16	0,21	-	6,53	-	40,5
TRL01/228	Azul	A	1,81	0,76	2,04	38,6	0,39	1,87	3,05	0,15	0,04	0,94	0,40	0,16	0,16	-	4,08	-	45,6
TRL01/246	Azul	A	2,08	0,39	2,30	41,8	0,40	2,80	2,37	0,14	0,11	1,78	0,42	0,10	0,13	2,00	4,49	-	38,7
TRL01/267	Azul	A	2,19	0,52	1,79	42,1	0,40	2,48	3,27	0,14	0,03	1,65	0,39	0,13	0,23	-	6,04	-	38,6
TRL01/04	Azul	A	1,97	0,51	2,47	44,9	0,24	4,25	2,99	0,17	-	2,40	0,64	0,19	-	-	5,45	-	33,8
TRL01/10	Azul	A	2,16	0,51	1,93	39,9	0,27	1,68	2,75	0,15	0,03	2,18	0,45	0,15	0,35	-	6,56	-	40,9
TRL01/226	Azul	CS	2,72	0,49	1,93	42,8	0,28	3,14	3,05	0,16	-	1,82	0,52	0,15	0,25	-	6,24	-	36,4
TRL01/231	Azul	CS	2,53	0,45	2,26	41,3	0,55	2,13	2,43	0,11	-	1,98	0,35	0,15	0,17	-	5,33	-	40,3
TRL01/231	Azul	CS	2,57	0,47	2,00	41,2	0,48	2,13	2,42	0,15	-	2,00	0,47	0,15	0,18	-	5,48	-	40,3
TRL01/229	Azul	P	2,07	0,30	1,88	39,5	0,66	2,43	1,99	0,12	0,02	1,46	0,38	0,19	0,30	1,65	6,05	-	40,9
TRL01/0231	Azul	P	1,49	1,04	4,34	51,1	0,11	2,58	4,51	0,15	-	1,05	0,26	-	-	3,37	8,46	-	21,5
TRL01/225	Verde	A	1,21	0,58	2,39	38,6	0,18	3,01	3,24	0,18	0,09	1,00	-	-	2,99	-	1,83	-	44,7
TRL01/225	Verde	A	1,17	0,57	2,50	39,6	0,24	3,14	3,09	0,18	0,03	0,95	-	-	2,55	-	1,82	-	44,1
TRL01/228	Verde	A	0,90	0,65	3,07	37,5	0,24	1,88	3,87	0,18	0,03	0,99	-	-	1,83	-	1,35	-	47,5

Tabela 1 (continuação)

Amostras	Cor do vidrado	Técnica	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	CuO	As ₂ O ₃	SnO ₂	BaO	PbO
TRL01/246	Verde	A	1,11	0,37	2,14	36,5	0,34	1,38	2,41	0,17	-	0,84	-	-	3,44	-	1,84	-	49,5
TRL01/226	Verde	CS	0,54	0,27	1,45	34,4	0,40	1,25	1,46	0,14	-	0,72	-	-	3,07	-	1,37	-	54,9
TRL01/226	Verde	CS	0,59	0,34	1,62	35,6	0,29	1,24	1,95	0,15	-	0,92	-	-	2,72	-	1,60	-	52,9
TRL01/231	Verde	CS	1,09	0,29	2,15	39,6	0,40	1,43	1,60	0,19	-	0,63	-	-	2,21	-	1,68	-	48,7
TRL010/230	Verde	P	0,25	0,25	3,58	38,5	0,19	0,56	0,48	-	-	0,52	-	-	2,02	-	-	-	53,7
TRL011/12	Verde	P	2,28	0,55	1,24	40,4	-	1,42	2,18	0,12	-	0,61	-	-	3,05	-	5,55	-	42,6
TRL01/225	Âmbar	A	0,50	0,30	1,64	30,7	0,28	1,20	2,10	0,11	-	3,22	-	-	0,10	-	0,50	-	59,4
TRL01/246	Âmbar	A	0,65	0,39	2,29	35,3	0,21	1,62	2,61	0,14	-	4,29	-	-	0,11	-	0,40	-	52,0
TRL011/10	Âmbar	A	0,79	0,34	2,81	40,9	-	2,08	1,85	0,16	-	3,13	-	-	-	-	0,78	-	47,1
TRL01/226	Âmbar	CS	0,82	0,57	2,35	36,9	0,19	1,68	3,87	0,18	-	3,80	-	-	0,08	-	0,45	-	49,0
TRL01/231	Âmbar	CS	1,14	0,27	2,25	39,9	0,21	2,77	1,48	0,16	0,03	4,23	-	-	-	-	0,46	-	47,1
TRL01/228	Castanho	A	0,85	0,50	2,87	38,6	0,19	1,77	3,06	0,20	0,79	2,59	-	-	0,25	-	0,90	-	47,4
TRL011/04	Castanho	A	1,40	0,67	2,78	41,2	0,21	3,46	3,14	0,19	2,34	1,41	-	-	0,12	-	1,23	0,19	41,7
TRL01/226	Castanho	CS	0,92	0,57	2,34	34,3	0,23	1,64	3,59	0,19	-	3,79	-	-	0,10	-	0,80	-	51,5
TRL01/226	Castanho	CS	0,94	0,59	2,38	34,7	0,21	1,63	3,55	0,19	0,80	3,60	-	-	0,10	-	0,73	-	50,6
TRL01/231	Castanho	CS	1,46	0,36	3,12	41,5	0,25	2,38	1,08	0,18	3,04	1,43	-	-	0,06	-	0,49	0,21	44,4

Técnica: A=aresta; CS=corda-seca; P=plano.

Teor em óxido de estanho

O SnO₂ foi detectado no vidrado de todas as amostras excepto numa com um vidrado plano verde-escuro (TRL010/230). Distinguem-se dois grupos de vidrados em relação aos teores de SnO₂: os brancos e azuis, opacos, com valores entre 4 e 11 % e os âmbar, verdes e castanhos, transparentes, com teores de SnO₂ entre 0,4 e 2 %. Comparando com outros estudos sobre azulejos hispano-mouriscos em Portugal, observa-se que os azulejos do Mosteiro de Santa Clara-a-Velha (SCV), em Coimbra, contêm teores em SnO₂ em vidrados brancos e azuis ligeiramente superiores (entre 7 e 14 %) aos da colecção TRL [21]. No estudo de dois azulejos de Santo António da Charneca (SAC), verificou-se que o vidrado estanífero branco apresenta teores de 8 % num azulejo e 18 % noutro [31]. Os valores encontrados estão também de acordo com os teores de SnO₂ observados em cerâmicas islâmicas e hispano-mouriscas das regiões de Múrcia e Paterna (Espanha) [32-33]. Outros autores estabelecem uma comparação entre vários centros de produção de Espanha, com peças de vidrado estanífero opaco do século X ao século XIV, cuja composição em SnO₂ varia entre 5 e 15 %, consoante a época e região [34].

No conjunto dos vidrados verde, âmbar e castanho, geralmente com menores teores em SnO₂, existem duas amostras que são excepção. A amostra TRL011/12 (plana, verde-clara) tem um teor elevado de SnO₂ (6 %) equivalente ao observado nos vidrados opacos. Neste caso, o estanho proporciona uma base branca que com adição de óxido de cobre produz uma tonalidade verde-turquesa. Por outro lado, a amostra TRL010/230, plana, sem estanho, apresenta a cor verde mais escura observada. Baixos teores em SnO₂ já foram identificados noutras colecções, como em SCV [21], ou noutros locais da Península Ibérica, entre os séculos X e XII, em vidrados cerâmicos islâmicos de corda-seca, tipicamente transparentes [32-33].

Cor azul

A cor azul é obtida pelo uso de óxido de cobalto, cujo minério utilizado como matéria-prima tem a particularidade de conter diferentes combinações de elementos químicos que podem ser relevantes para obter informação sobre a proveniência e datação [34-37]. Na colecção de azulejos TRL, os vidrados azuis apresentam diferentes combinações de elementos associados ao cobalto, maioritariamente Co-Fe-Ni-Cu. A associação Co-Fe-Ni-Cu-As foi identificada em duas amostras (TRL01/229 e TRL01/246) e a Co-Fe-Ni na amostra TRL011/04. A amostra TRL010/231 (azulejo plano), que apresenta a combinação Co-Fe-As, destaca-se pela não detecção de NiO e de CuO e pelo teor elevado de As₂O₃ (3%). A combinação observada nos vidrados azuis de SCV é Co-Fe-Ni-Cu [21], similar à generalidade da colecção TRL. Este resultado está de acordo com estudos recentes em vidrados cerâmicos de Espanha e Itália, dos séculos XIV e XVI [34]. Na colecção de azulejos de SAC, a combinação encontrada em dois exemplares azuis é Co-Fe-Ni-As [21]. No século XVI, a Alemanha tornou-se

o grande produtor de minério de cobalto, sendo Freiberg e Schneeberg os centros de extracção do minério do qual era obtido o pigmento usado na Europa, com teores de Ni e As elevados [37-38]. Deste modo, os azulejos que contêm As na composição do vidrado azul poderão eventualmente pertencer a uma cronologia ligeiramente posterior à dos restantes.

Cores verde, castanho e âmbar

A cor verde dos vidrados é obtida através da utilização de óxido de cobre numa matriz plúmbica, tendo sido obtidos teores de CuO entre 2 e 3 %. Os vidrados de cor âmbar resultam da adição de Fe₂O₃, com valores que variam entre 3 e 4 %. Os valores de CuO na cor verde e de Fe₂O₃ na cor âmbar, observados nas colecções SCV e SAC, são similares aos obtidos na colecção do TRL [21, 31]. A cor castanha nos vidrados surge pela adição de MnO; neste caso com valores entre 1 e 3 %. O BaO foi identificado em duas amostras (TRL01/231 e TRL011/04) associado ao Mn. O Fe₂O₃ apresenta também teores superiores no vidrado castanho quando comparado com o âmbar.

Caracterização morfológica e mineralógica (SEM-EDS e μ -Raman)

A caracterização morfológica e mineralógica do vidrado e da zona de interface entre o vidrado e a pasta cerâmica é da maior importância como fonte de informação acerca da tecnologia de produção [21, 24-25, 39]. Apenas os vidrados brancos e as suas interfaces foram objecto deste estudo. A análise por μ -Raman foi usada em zonas previamente analisadas por SEM-EDS, complementando a informação obtida por esta técnica. Quando observadas ao microscópio óptico as amostras apresentam vidrados homogéneos com presença de algumas bolhas. Na análise por SEM-EDS, em geral, todos os vidrados são homogéneos, com poucas inclusões cristalinas. Os cristais de SnO₂ estão uniformemente distribuídos em pequenos

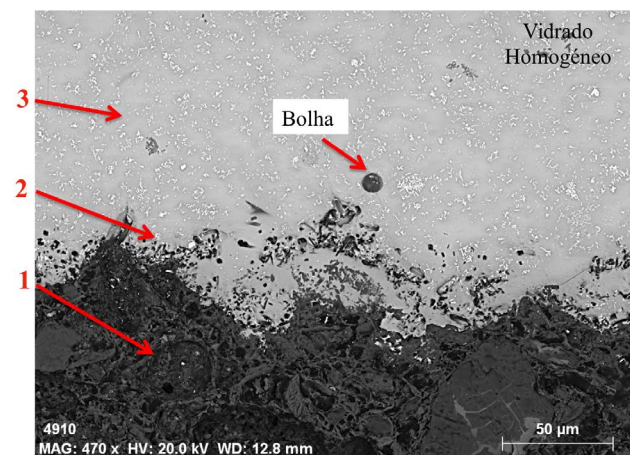


Figura 2. Imagem de SEM-EDS do vidrado branco da amostra TRL01/267: 1 – corpo cerâmico; 2 – interface; 3 – vidrado.

Tabela 2Minerais identificados nos vidrados brancos da colecção do TRL por μ -Raman

Amostras	Zona de análise	Cassiterite (SnO ₂)	Anortite (CaAl ₂ Si ₂ O ₈)	Ortoclase (KAlSi ₃ O ₈)	Diópsido (CaMgSi ₂ O ₆)	Hematite (Fe ₂ O ₃)	Quartzo (α -SiO ₂)	Volastonite (CaSiO ₃)
TRL01/225	Interface	X	–	X	–	X	–	–
TRL01/231	Interface	X	–	–	X	–	–	X
TRL01/246	Interface	X	X	–	X	X	–	–
TRL011/09	Interface	X	–	–	–	X	X	–
TRL011/10	Interface	X	–	X	–	–	X	–
TRL011/04	Vidrado	X	–	–	–	–	–	–

aglomerados, identificados por EDS pela sua composição química rica em Sn e, posteriormente, por μ -Raman através da banda característica a 633 cm⁻¹ (Tabela 2). Na zona de interface entre o vidrado e corpo cerâmico existem bolhas e muitas inclusões minerais. Alguns estudos referem que a homogeneidade do vidrado pode estar associada ao uso de frita (vidro moído) [40-41]. A figura 2 é representativa da morfologia observada na generalidade dos vidrados brancos (Figura 2).

A largura dos vidrados varia bastante dentro da colecção com valores aproximadamente entre 230 e 540 μ m. É de realçar que este parâmetro frequentemente varia dentro da própria amostra [21]. O tamanho da interface vidrado-chacota é também variável dentro da colecção. Em geral, as interfaces apresentam valores variáveis entre 50 μ m e 80 μ m. Os valores extremos de largura da interface são de aproximadamente 20 μ m para a amostra TRL011/10 e de aproximadamente 120 μ m para a amostra TRL01/231. Na literatura é referido que os azulejos obtidos a partir de um processo de monocozedura utilizando vidrados plúmbicos sem estanho apresentam um tamanho de interface maior (30-40 μ m) do que o obtido por processo de dupla cozedura (5-10 μ m) [23, 42]. Contudo, os estudos efectuados englobam apenas vidrados plúmbicos sem estanho, o que não permite tirar conclusões relativamente à colecção TRL (vidrados plúmbicos contendo estanho).

A zona de interface vidrado-chacota, em geral, apresenta um maior número de inclusões e bolhas nas amostras mais irregulares e heterogéneas (como as amostras TRL01/231, TRL011/04 e TRL01/267). Esta zona de interface evidencia uma distribuição elevada dos elementos K e Mg (Figura 3). A análise por μ -Raman (Tabela 2) identifica feldspatos potássicos, nomeadamente, ortoclase (KAlSi₃O₈), e diópsido (CaMgSi₂O₆); como os minerais mais comuns. Verificou-se ainda a presença de anortite (CaAl₂Si₂O₈) e volastonite (CaSiO₃).

A zona de interface das amostras TRL01/225 e TRL011/09 contém Fe sob a forma de hematite (Fe₂O₃), possivelmente devido à migração do ião ferro da chacota durante a cozedura (Tabela 2). No vidrado podem também aparecer inclusões resultantes de migração/difusão durante

a cozedura, assim como bolhas provenientes da libertação de gases devido à decomposição de matérias-primas usadas na produção azulejar [4, 23]. Os vidrados das amostras TRL011/04, TRL01/246 e TRL01/225 apresentam inclusões ricas em K, possivelmente referentes a feldspatos potássicos, e a amostra TRL01/246 inclusões ricas em Ca, sugerindo a presença de feldspatos cálcicos junto à



Figura 3. Mapeamento elementar por SEM-EDS na zona de interface vidrado/chacota: a) amostra TRL01/246: Mg – azul; K – vermelho; Ca – verde; Sn – amarelo; b) amostra TRL01/231: Mg – azul; K – vermelho; Al – amarelo; Ca – verde.

Tabela 3
Composição química, em percentagem mássica (valores normalizados), obtida por μ -PIXE para o corpo cerâmico dos azulejos do TRL

Amostras	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	S	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO
TRL01/225	0,93 ± 0,05	3,27 ± 0,20	13,47 ± 0,37	56,88 ± 0,29	0,25 ± 0,03	0,14 ± 0,01	0,09 ± 0,01	1,94 ± 0,11	17,12 ± 0,60	0,60 ± 0,04	-	0,10 ± 0,00	5,21 ± 0,16	-
TRL01/226	0,98 ± 0,03	2,83 ± 0,11	12,83 ± 0,42	52,19 ± 1,50	0,14 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,09 ± 0,01	2,02 ± 0,16	22,92 ± 0,91	0,63 ± 0,06	-	0,08 ± 0,00	5,05 ± 0,20	-
TRL01/228	1,09	2,95	13,57	54,83	0,38	0,17	0,18	1,79	19,10	0,62	-	0,12	5,21	-
TRL01/229	1,10 ± 0,09	3,14 ± 0,04	13,62 ± 0,21	56,68 ± 0,77	0,22 ± 0,03	0,25 ± 0,02	0,26 ± 0,01	2,51 ± 0,13	16,19 ± 0,29	0,65 ± 0,01	-	0,08 ± 0,00	5,31 ± 0,20	-
TRL01/230	0,88 ± 0,04	2,91 ± 0,16	12,87 ± 0,76	56,70 ± 1,68	0,51 ± 0,05	0,14 ± 0,01	0,17 ± 0,02	2,20 ± 0,07	18,03 ± 0,37	0,64 ± 0,06	-	0,12 ± 0,04	4,83 ± 0,32	-
TRL01/231	1,61 ± 0,10	4,20 ± 0,16	11,90 ± 0,70	51,23 ± 0,81	0,22 ± 0,07	0,19 ± 0,01	0,09 ± 0,03	1,54 ± 0,07	23,40 ± 0,52	0,69 ± 0,10	-	0,08 ± 0,03	4,85 ± 0,25	-
TRL01/234	0,78 ± 0,00	2,76 ± 0,01	12,05 ± 0,16	48,98 ± 1,92	0,24 ± 0,13	0,20 ± 0,00	0,08 ± 0,00	1,90 ± 0,11	27,50 ± 1,62	0,64 ± 0,04	-	0,09 ± 0,00	4,71 ± 0,08	0,07 ± 0,01
TRL01/246	0,69	3,44	11,24	55,99	-	0,17	0,17	2,02	21,30	0,59	-	0,09	4,31	-
TRL01/267	0,88 ± 0,01	3,38 ± 0,04	14,85 ± 0,05	44,23 ± 0,51	0,94 ± 0,41	0,47 ± 0,01	0,13 ± 0,01	1,46 ± 0,04	26,95 ± 0,79	0,62 ± 0,03	-	0,11 ± 0,02	5,40 ± 0,03	-
TRL01/267	1,40 ± 0,02	3,86 ± 0,04	12,81 ± 0,11	54,48 ± 0,77	0,25 ± 0,02	0,23 ± 0,00	0,09 ± 0,02	1,82 ± 0,03	19,34 ± 0,36	0,68 ± 0,05	-	0,11 ± 0,01	4,87 ± 0,15	0,07 ± 0,01
TRL01/230	1,14 ± 0,10	1,44 ± 0,09	17,18 ± 0,55	63,88 ± 3,02	0,12 ± 0,02	0,10 ± 0,02	0,15 ± 0,00	3,84 ± 0,16	3,56 ± 0,21	1,29 ± 0,66	-	-	7,29 ± 2,44	-
TRL01/04	1,09 ± 0,12	2,80 ± 0,22	11,75 ± 0,75	57,41 ± 2,12	0,17 ± 0,00	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	1,92 ± 0,13	19,48 ± 0,67	0,61 ± 0,04	-	0,07 ± 0,00	4,50 ± 0,35	-
TRL01/06	0,97 ± 0,04	2,89 ± 0,05	12,97 ± 0,27	49,32 ± 0,91	0,20 ± 0,04	0,20 ± 0,00	0,08 ± 0,01	2,28 ± 0,14	25,14 ± 0,85	0,66 ± 0,03	-	0,09 ± 0,01	5,07 ± 0,04	0,11 ± 0,00
TRL01/08	0,92 ± 0,08	2,96 ± 0,17	12,96 ± 1,28	58,95 ± 3,88	0,28 ± 0,08	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	1,77 ± 0,21	16,23 ± 1,75	0,63 ± 0,11	-	0,06 ± 0,01	4,91 ± 0,38	-
TRL01/09	1,16 ± 0,06	1,91 ± 0,22	14,03 ± 0,52	58,88 ± 2,88	0,20 ± 0,06	0,15 ± 0,03	0,18 ± 0,03	2,40 ± 0,44	15,56 ± 1,88	0,81 ± 0,06	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	4,21 ± 0,37	0,06 ± 0,00

Um ponto de análise (amostras TRL01/228 e TRL01/246) ou média ponderada de três pontos ± desvio padrão (restantes amostras).

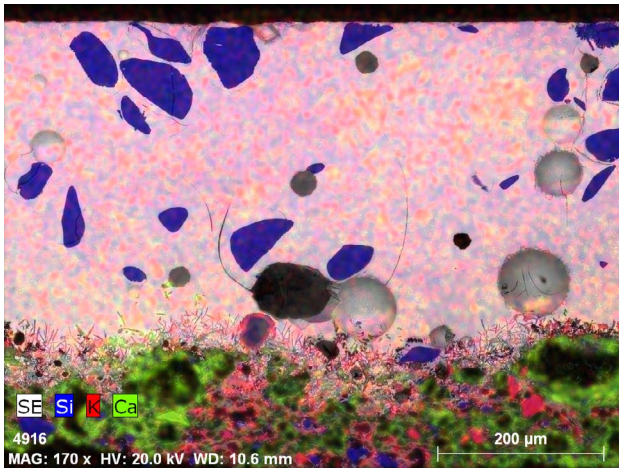


Figura 4. Imagem de SEM-EDS de um vidro heterogêneo com inclusões ricas em Si (amostra TRL 011/09): Si – azul; K – vermelho; Ca – verde.

superfície da amostra. A análise por SEM-EDS detectou, na amostra TRL011/04, um cristal de grandes dimensões (cerca 84 µm), de forma rectangular, contendo Zr, uma inclusão proveniente das areias usadas como matéria-

prima. Em termos comparativos, as fases mineralógicas observadas por μ -Raman nos vidrados e interface dos azulejos da colecção TRL são semelhantes às observadas para azulejos da colecção SAC, onde se encontrou diópsido, feldspatos potássicos e feldspatos cálcicos [31]. Na colecção SCV, a interface apresenta ainda volastonite [21]. Em relação à tecnologia de produção, a presença destes minerais pode sugerir a utilização de temperaturas elevadas, eventualmente próximas de 1000 °C. A amostra TRL011/09 parece distinta das restantes por apresentar um vidro heterogêneo com um grande número de inclusões e bolhas (Figura 4). Provavelmente, remete para outra cronologia e/ou tecnologia de produção [42-43].

Corpo cerâmico – pastas

As pastas cerâmicas da colecção de azulejos do TRL apresentam, em geral, uma coloração creme/rosa, excepto no caso da amostra TRL010/230 com uma pasta vermelho escuro. As pastas analisadas (Tabela 3) são calcílicas, sendo os óxidos maioritários SiO_2 (44-59 %), CaO (16-28 %) e Al_2O_3 (11-14 %). Os óxidos minoritários são Fe_2O_3 (4-5 %), K_2O (1-3 %), Na_2O (0,7-2 %) e MgO (2-4 %). A

Tabela 4

Minerais identificados no corpo cerâmico dos azulejos do TRL por μ -Raman

Amostras	Quartzo (α - SiO_2)	Hematite (α - Fe_2O_3)	Calcite + Hematite	Rútilo (TiO_2)	Magnetite (Fe_2O_4)	Diópsido ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$)	Calcite (CaCO_3)	Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)	Ortoclase (KAlSi_3O_8)	Anátase (TiO_2)
TRL01/225	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X
TRL01/226	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-
TRL01/228	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
TRL01/229	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
TRL01/230	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-
TRL01/231	X	X	X	-	X	-	X	-	-	-
TRL01/234	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-
TRL01/246	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X
TRL01/255	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X
TRL01/267	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-
TRL010/230	X	-	-	-	X	-	-	X	X	-
TRL010/231	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-
TRL011/04	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-
TRL011/06	X	-	-	-	-	-	X	X	-	-
TRL011/07	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
TRL011/09	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
TRL011/10	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
TRL011/12	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-

Os espectros de referência foram retirados da base dados RRUFF (<http://rruff.info/>).

Tabela 5Minerais identificados por μ -DRX no corpo cerâmico dos azulejos da colecção do TRL

Amostras	Quartzo (α -SiO ₂)	Calcite (CaCO ₃)	Plagioclases (Na, Ca)(Si, Al) ₄ O ₈	Gehlenite (Ca ₂ Al ₂ SiO ₇)	Ilite ([(K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ (H ₂ O)]]	Diópsido (CaMgSi ₂ O ₆)	Volastonite (CaSiO ₃)
TRL01/225	X	X	X	X	X	X	X
TRL01/226	X	X	X	X	X	X	X
TRL01/228	X	X	X	X	–	X	X
TRL01/230	X	X	X	X	–	X	–
TRL01/231	X	X	X	X	–	X	X
TRL01/246	X	X	X	X	–	X	X
TRL010/230	X	X	X	–	X	X	X
TRL010/231	X	X	X	–	–	X	X
TRL011/01	X	X	X	X	X	X	X
TRL011/09	X	X	X	X	–	X	X
TRL011/12	X	X	X	X	–	X	X

coloração clara destas pastas resulta dos elevados teores em CaO [44-45], enquanto tons creme ou rosados estão relacionados com a presença de óxidos de ferro. A amostra TRL010/230 (vidrado plano, verde-escuro) tem uma pasta de coloração vermelha, que se destaca da restante colecção, com valores elevados de SiO₂ (64 %), Al₂O₃ (17 %), Fe₂O₃ (7 %) e baixos teores de CaO (4 %). Esta associação (pasta vermelha-vidrado verde escuro) sugere uma prática comum, tendo sido observada noutras colecções de azulejaria como a do Palácio Nacional de Sintra. Em termos comparativos, a colecção de azulejos de SCV apresenta também pastas calcíticas (cor creme/rosa). Este tipo de pastas calcíticas claras é geralmente usado com vidrados estaníferos, nomeadamente, vidrados brancos opacos, de forma a não interferir com a cor do vidrado [21, 44-45].

Os minerais identificados por μ -Raman (Tabela 4) são característicos de pastas calcíticas, com a presença de calcite (CaCO₃), de plagioclase calcítica e plagioclase potássica e de diópsido (CaMgSi₂O₆).

A análise por μ -DRX realizada em 11 amostras do corpo cerâmico da colecção TRL (Tabela 5) vem complementar os resultados da análise por μ -Raman (Tabela 4). Verificou-se que os minerais identificados são característicos de pastas calcíticas, havendo predominância de quartzo, gehlenite, volastonite, diópsido e plagioclases. A literatura refere que estes minerais são característicos de transformações a temperaturas de cerca de 1000 °C [21, 31, 46-48]. Somente em quatro amostras foi detectada a presença de ilite ((K,H₃O)(Al,Mg,Fe)₂(Si,Al)₄O₁₀[(OH)₂(H₂O)]] que, segundo a literatura [44, 47], pode ser encontrada em pastas mais vermelhas (contendo óxido de ferro) sujeitas a temperaturas até 900 °C, uma vez que este mineral deixa de estar presente a altas temperaturas.

Alguns dos minerais encontrados resultam de transformações mineralógicas. Nas pastas, a presença de Ca sob a forma de calcite, a temperaturas elevadas, origina a formação de gehlenite (Ca₂Al₂SiO₇) que, na presença de quartzo (SiO₂), dá origem à volastonite (CaSiO₃) e anortite (CaAl₂Si₂O₈) [49]. As temperaturas de formação da volastonite e da gehlenite situam-se entre os 950 e 1000 °C [21, 48, 50-51]; portanto, a quantidade final de calcite tenderia a diminuir com o aumento de temperatura caso não tenha havido contaminações (calcite secundária). Nas amostras da colecção TRL, esta é observada em todas as pastas, não sendo possível discriminar se a variação é devida à utilização de matéria-prima particularmente rica em calcário ou a contaminações devido ao contexto arqueológico em que foram encontradas. A anortite e o diópsido são minerais estáveis a partir de 950 °C [48, 51-52]. Os feldspatos como a ortoclase formam-se a altas temperaturas (cerca de 1000 °C) [21, 46] mas podem também ser produtos constituintes das matérias-primas não alteradas durante a cozedura. Segundo a literatura, a hematite, associada a uma coloração vermelha das pastas, surge a temperaturas de 800 °C, mas transforma-se em magnetite a temperaturas entre 950 e 1250 °C [44].

Caracterização física

Porosidade aberta, densidade e distribuição do tamanho de poros

A estrutura porosa dos materiais cerâmicos depende muito das matérias-primas e dos métodos de produção utilizados [53]. Por sua vez, a estrutura porosa destes materiais influencia a sua interacção com a água (absorção

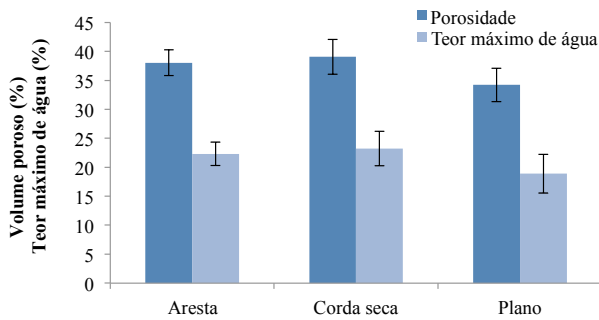


Figura 5. Valores de porosidade e teor máximo de água absorvida nos azulejos hispano-mourisco do TRL (cálculo usando a média ponderada das amostras).

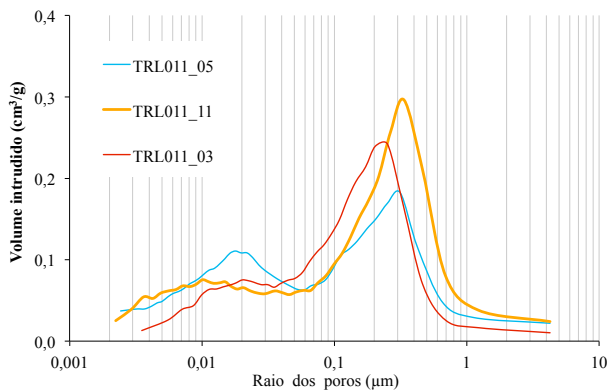


Figura 6. Curvas de distribuição do tamanho de poros de amostras dos azulejos hispano-mouriscos da coleção TRL por MIP.

e secagem de água) e, logo, também os seus mecanismos de envelhecimento e conservação. Como existem poucas referências bibliográficas sobre as características físicas de azulejos hispano-mouriscos [19, 54], tomou-se como referência comparativa neste trabalho, um estudo de caracterização física de azulejos maioritariamente do século XVIII provenientes de Lisboa [55].

Os resultados do estudo de porosidade aberta e do teor máximo de água absorvido nos azulejos hispano-mouriscos da coleção do TRL estão representados na Figura 5 e na Tabela 6. Tal como esperado, os valores de absorção de água estão correlacionados com os de porosidade aberta, aumentando com esta. A gama de

valores de porosidade aberta encontrados nos azulejos das técnicas de aresta e corda-seca estudados apresentam em média, valores ligeiramente inferiores aos dos azulejos planos. Esta diferença pode indicar uma matéria-prima ou tecnologia de produção diferentes neste tipo de azulejos. Quando comparados com os valores de porosidade obtidos em azulejos históricos do século XVIII (Tabela 6 [55], observa-se que a maioria dos azulejos hispano-mouriscos se situa dentro desta gama embora alguns atinjam valores de porosidade inferiores (TRL010/231, TRL010/230, TRL011/09 e TRL011/12 e TRL01/229). Os valores de teor máximo de água absorvida seguem em linha com os resultados obtidos em relação ao volume poroso, possuindo as amostras menos porosas também um menor teor (Tabela 6) [55].

Observa-se que a distribuição do tamanho dos poros das amostras obtida por porometria por intrusão de mercúrio (Figura 6) é ligeiramente bimodal, correspondendo a dimensão mais frequente dos poros a raios entre 0,2 e 0,3 µm e entre 0,01 e 0,03 µm. Estes resultados sugerem a presença de poros de dimensões mais reduzidas quando comparados com os azulejos do século XVIII, cujo tamanho de raio de poro mais representativo se situa entre 0,5 e 0,7 µm [55]. Também neste estudo os azulejos mais antigos apresentam uma distribuição bimodal com uma pequena proporção de poros com 0,02-0,07 µm de raio o que, tal como no caso dos azulejos hispano-mouriscos, pode indicar a existência de processos de alteração da matriz cerâmica ou diferente método de produção dos azulejos mais antigos.

Coefficiente de absorção de água por capilaridade e capacidade de imbibição

A grande variedade dos valores do coeficiente de absorção de água por capilaridade (quantidade de água absorvida ao longo do tempo por unidade de área antes de atingir o patamar) dos azulejos hispano-mouriscos indica comportamentos bastante distintos relacionados com a presença e a movimentação da água (Figura 7). A amostra TRL01/225 apresenta o coeficiente de absorção de água por capilaridade mais baixo de 1,5 kg·m⁻²·h^{-1/2}, enquanto a amostra TRL011/03 tem o valor mais elevado de 6,1 kg·m⁻²·h^{-1/2}. O coeficiente de capilaridade é influenciado pelas características da

Tabela 6

Valores de porosidade aberta, teor máximo de água e densidade dos azulejos hispano-mouriscos da coleção do TRL e valores característicos de azulejos do século XVIII [55]

Características físicas	Azulejos hispano-mouriscos (TRL)	Azulejos do século XVIII
Porosidade aberta (%)	30 – 42	37 – 44
Teor máximo de água (%)	16 – 26	22 – 28
Densidade real(kg·m ⁻³)	2630 – 2800	2740 – 2810
Densidade aparente (kg·m ⁻³)	1620 – 1920	1600 – 1730

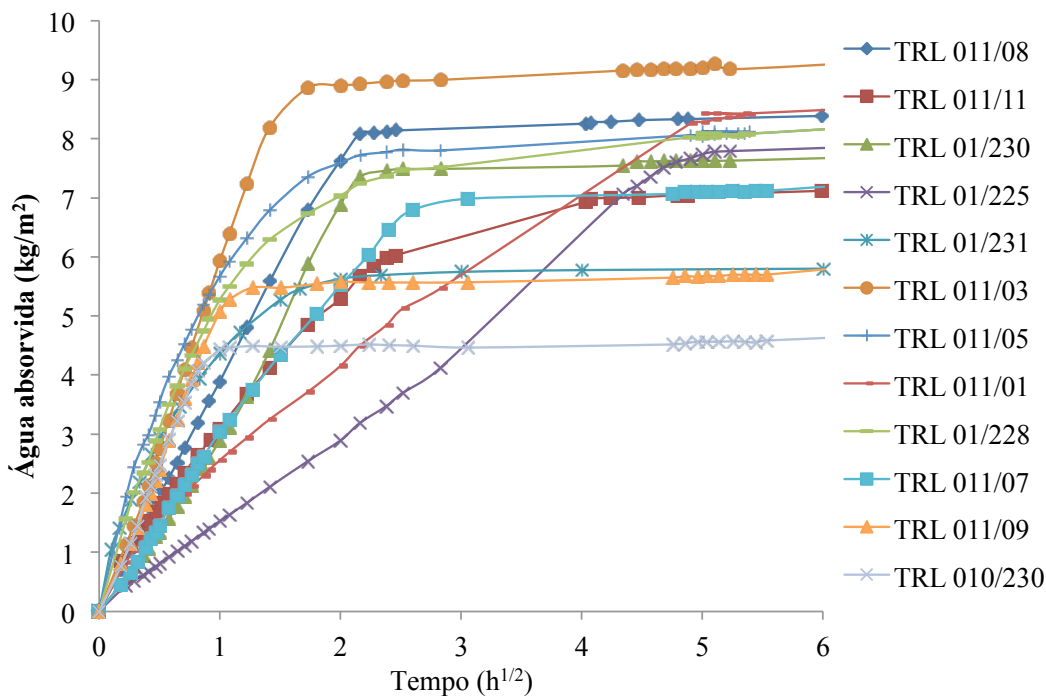


Figura 7. Curvas da capacidade de absorção de água por capilaridade dos azulejos hispano-mouriscos da colecção TRL.

estrutura porosa dos materiais cerâmicos (porosidade, tamanho, forma e interconectividade dos poros) mas também pelos possíveis modificadores superficiais da absorção das superfícies dos azulejos estudados (como sujidade e vestígios de argamassas). Na literatura, os azulejos do século XVIII, apresentam também valores de coeficiente de capilaridade muito variados, entre 0,4 e 5,7 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$ [55], situando-se os valores dos azulejos hispano-mouriscos dentro desta gama. Os valores da capacidade de absorção de água por imbibição (percentagem de água absorvida por capilaridade em relação à massa seca da amostra) dos azulejos hispano-mouriscos da colecção TRL variam entre 16 e 20 %, exceptuando a amostra TRL010/230 (13 %). Os azulejos do século XVIII apresentam valores de capacidade de absorção de água por imbibição entre 12 e 17 % [55].

Conclusão

O estudo sistemático de caracterização química, morfológica, mineralógica e física realizado na colecção TRL permitiu retirar algumas conclusões e contextualizar esta colecção no panorama azulejar da época.

Em relação à caracterização química da colecção TRL, observaram-se vidrados tipicamente plúmbicos com teores de PbO entre 36 e 59 %. Nas cores branca e azul identificou-se SnO_2 como opacificante com teores entre 4 e 11 %. As outras cores, verde, âmbar e castanho, têm teores mais baixos de SnO_2 , entre 0,4 e 2 %. Os vidrados azuis apresentam combinações do tipo Co-Fe-Ni-Cu e alguns contêm também As . Nos vidrados castanhos observou-se a associação de Fe_2O_3 e BaO ao colorante MnO .

As pastas cerâmicas apresentam composição química em SiO_2 entre 44 e 59 %, CaO entre 16 e 28 % e Al_2O_3 entre 11 e 14 %, típica de pastas calcíticas e semelhante à observada na colecção SCV.

Do ponto de vista morfológico, em geral, os vidrados são homogéneos, com cristais de SnO_2 de pequenas dimensões e poucas bolhas e inclusões, o que pressupõe o uso de fritas [23-25]. A mineralogia observada na zona da interface e as inclusões constam de feldspatos potássicos, dióxido, feldspatos cálcicos e volastonite, o que remete para temperaturas de cozedura de cerca de 1000 °C [30, 47-49]. Nas pastas cerâmicas foram também identificados calcite, plagioclases cálcicas, dióxido, volastonite e gehlenite, fases presentes a temperaturas de cerca de 1000 °C, excepto a calcite.

A caracterização física da colecção TRL permitiu obter valores para os coeficientes de absorção de água por capilaridade entre 1,5 e 6,1 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1/2}$, teores de absorção máximos de água entre 16 e 26 %, distribuição bimodal do tamanho de poros, porosidade aberta entre 30 e 42 %, densidades reais entre 2630 e 2800 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e densidades aparentes entre 1620 e 1920 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Observaram-se valores médios de porosidade aberta para azulejos planos inferiores aos das outras tipologias, o que reforça a possibilidade de terem sido produzidos em épocas ou utilizando tecnologias distintas.


Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelas bolsas SFRH/BD/73007/2010 (S. Coentro) e PTDC/CPC-EAT/4719/2012 (C. Relvas) e pelo financiamento do projecto PTDC/CPC-EAT/4719/2012 e

das unidades de investigação UID/EAT/00729/2013, UID/Multi/04349/2013 e UID/Multi/04449/2013. Os autores agradecem ainda o financiamento através dos projectos LARES (ALENT-07-0224-FEDER-001761) e MICRA.Lab (ALENT-07-0262-FEDER-001868) INALENTEJO/QREN/FEDER.

ORCID

Ana Sofia Leal

 <https://orcid.org/0000-0001-6160-5837>


Luís C. Alves

 <https://orcid.org/0000-0001-5369-5019>

Susana Coentro

 <https://orcid.org/0000-0003-2338-8960>

Sílvia Pereira

 <https://orcid.org/0000-0003-3070-743X>

Teresa Ferreira

 <https://orcid.org/0000-0001-7902-8900>

José Mirão

 <https://orcid.org/0000-0003-0103-3448>

Vânia Solange Muralha

 <https://orcid.org/0000-0001-5488-9069>

Referências

- Trindade, R., *Revestimentos Cerâmicos Portugueses-Meados século XIV à primeira metade do século XVI*, Edições Colibri, Lisboa (2007).
- Santos, R., *O Azulejo em Portugal*, Editorial Sul Limitada, Lisboa (1957).
- Porter, V., *Islamic Tiles*, The British Museum Press, London (1995).
- Mason, R.; Tite, M., 'The beginnings of tin-opacification of pottery glazes', *Archaeometry* **39** (1997) 41-58, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1997.tb00789.x>.
- Matthes, W., *Vidriados Cerâmicos: Fundamentos, Propriedades, Recetas, Métodos*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona (1990).
- Sabo, R.; Falcato, J., *Azulejos: Arte e História*, Edições INAPA, Lisboa (1998).
- Costa, M., 'Study of 19th century wall tiles for technical replicas development', tese de doutoramento, Departamento de Engenharia Civil – Universidade de Aveiro, Aveiro (2013), <http://hdl.handle.net/10773/12103>.
- Riccardi, M. P.; Duminuco, P.; Tomasi, C.; Ferloni, P., 'Thermal, microscopic and X-ray diffraction studies on some ancient mortars', *Termochimica Acta* **321**(1-2) (1998) 207-214, [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(98\)00461-4](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(98)00461-4).
- Allan, J. W., 'Abu'l-Qasim's treatise on ceramics', *Iran – Journal of the British Institute of Persian Studies* **11** (1973) 111-120.
- Allan, J.; Llewellyn, L.R.; Schweizer, F., 'The history of so-called Egyptian faience in Islamic Persia: investigations into Abu'l-Qasim's treatise', *Archaeometry* **15**(2) (1973) 165-173, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1973.tb00087.x>.
- Parra, J., *Azulejos: Painéis do Séculos XVI ao Século XX*, vol. 1, Santa Casa da Misericórdia de Lisboa, Lisboa (1994).
- Barros, L.; Cardoso, G.; Gonçalves, A., 'Primeira notícia do forno de S. António da Charneca – Barreiro', in *Actas das 3^{as} Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval*, Câmara Municipal de Tondela, Tondela (2003) 295-307.
- Fernandes, L., 'Teatro romano de Lisboa – os caminhos da descoberta e os percursos da investigação arqueológica', *Al-Madan* **15** (2007) 27-39.
- Fernandes, L., 'Teatro romano de *Olisipo*: a marca do novo poder romano', in *Arqueologia em Portugal, 150 Anos*, ed. J. M. Arnaud, A. Martins & C. Neves, Associação dos Arqueólogos Portugueses, Lisboa (2013) 765-773.
- Fernandes, L., 'Museu do Teatro Romano (2001-2013): Balanço de uma década de intervenção e novos projectos para o espaço museológico', *Al-Madan* **18** (2013) 51-62.
- Fernandes, L.; Almeida, R. F., 'Um Celeiro da Mitra no Teatro Romano de Lisboa: inércias e mutações de um espaço do séc. XVI à actualidade', in *Velhos e Novos Mundos Estudos de Arqueologia Moderna*, ed. A. Teixeira & J. A. Bettencourt, vol. 1, Centro de História de Além-Mar, Lisboa (2012) 111-122.
- Fernandes, L.; Almeida, R. F.; Loureiro, C., 'Entre o teatro romano e a Sé de Lisboa: evolução urbanística e marcos arquitectónicos da antiguidade à reconstrução pombalina', *Revista de História de Arte* **11** (2014) 19-33.
- 'Tombo da Cidade de Lisboa em 1755, que está no Arquivo Nacional da Torre do Tombo, feita sobre uma copia do mesmo tombo, da letra de José Valentim de Freitas; que está na Associação dos Arqueólogos, por João Marques da Silva, em Junho de 1894', documento, Museu da Cidade, Lisboa.
- Santos, T.; Vaz, M. F.; Pinto, M. L.; Carvalho, A. P., 'Porosity characterization of old Portuguese ceramic tiles', *Construction and Building Materials* **28** (2012) 104-110, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.004>.
- 'Determinação da absorção de água e da porosidade aberta', EN ISO 10545-3, Instituto Português de Qualidade (2004).
- Coentro, S.; Trindade, R.; Mirão, J.; Candeias, A.; Alves, L.; Silva, R.; Muralha, 'Hispano-Moresque ceramic tiles from the Monastery of Santa Clara-a-Velha (Coimbra, Portugal)', *Journal of Archaeological Science* **41** (2014) 21-28, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.07.031>.
- Pradell, T.; Molina, G.; Pla, J.; Labrador, A., 'The use of micro-XRD for the study of glaze color decorations', *Applied Physics A* **111** (2012) 121-127, <https://doi.org/10.1007/s00339-012-7445-x>.
- Molera, J.; Vendrell-Saz, M.; Pérez-Arantegui, J., 'Chemical and Textural Characterization of tin glazes in Islamic ceramics from Eastern Spain', *Journal of Archaeological Science* **28** (2001) 331-340, <https://doi.org/10.1006/jasc.2000.0606>.
- Vendrell-Saz, M.; Molera, J.; Roqué-Rosell, J.; Pérez-Arangueti, J., 'Islamic and Hispano-Moresque (múdejar) lead glazes in Spain: a technical approach', *Geological Society of London Special Publications* **257**(1) (2006) 163-173, <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.257.01.12>.
- Molera, J.; Vendrell-Saz, M.; Garcia-Vallés, M.; Pradell, T., 'Technology and colour development of Hispano-Moresque lead-glazed pottery', *Archeometry* **39**(1) (1997) 23-39, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1997.tb00788.x>.
- Buxeda i Garrigós, J. (1999) 'Alteration and contamination of archaeological ceramics: the perturbations problem', *Journal of Archaeological Science* **26** (3) (1999) 295-313, <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0390>.
- Bendaoud, R.; Guilherme A.; Zegzouti, A.; Elaatmani, M.; Coroado, J.; Carvalho, M. L.; Queralt, I., 'Elemental mapping of Moroccan enamelled terracotta tile works (Zellij) based on X-ray micro-analyses', *Applied Radiation and Isotopes* **82** (2013) 60-66, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.07.001>.
- Manson, R.; Golombek, L., 'The petrography of Iranian Safavid ceramics', *Journal of Archaeological Science* **30** (2003) 251-261, <https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0712>.
- Mason, R.; Tite, M., 'The beginnings of Islamic stonepaste technology', *Archaeometry* **36**(1) (1994) 77-91, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1994.tb01066.x>.

- 30 Amorós, J. L.; Orts, M. J.; Mestre, S.; García-Ten, J.; Feliu, C., 'Porous single-fired wall tile bodies: influence of quartz particle size on tile properties', *Journal of the European Ceramic Society* **30** (2010) 17-28, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2009.08.001>.
- 31 Ferreira, L.; Conceição, D.; Ferreira, D.; Santos, L.; Casimiro, T.; Machado, I., 'Portuguese 16th century tiles from Santo António da Charneca's kiln: a spectroscopic characterization of pigments, glazes and pastes', *Journal of Raman Spectroscopy* **45** (2014) 838-847, <https://doi.org/10.1002/jrs.4551>.
- 32 Molera, J.; Pradell, T.; Salvadó, N.; Vendrell-Saz, M., 'Lead frits in Islamic and Hispano-Moresque glazed productions', in *From Mine to Microscope: Advances in the Study of Ancient Technology*, ed. A. J. Shortland, I. Freestone, T. Rehren, Oxhow Books, Oxford (2009) 1-10.
- 33 Tite, M.; Freestone, I.; Mason, R.; Molera, J.; Vendrell-Saz, M.; Wood, N., 'Lead glazes in Antiquity. Methods of production and reason for use', *Archaeometry* **40**(2) (1998) 241-260, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1998.tb00836.x>.
- 34 Roldán-García, C.; Coll, J.; Ferrero, J., 'EDXRF analysis of blue pigments used in Valencian ceramics from the 14th century to modern times', *Journal of Cultural Heritage* **7** (2006) 134-138, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.02.003>.
- 35 Pérez-Arangueti, J.; Montull, B.; Resano, M.; Ortega, J. M., 'Materials and technological evolution of ancient cobalt-blue-decorated ceramics: pigments and work patterns in tin-glazed objects from Aragon (Spain) from the 15th to the 18th century AD', *Journal of the European Ceramic Society* **29** (2009) 2499-2509, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2009.03.004>.
- 36 Gratuze, B.; Soulier, I.; Barrandon, J.; Foy, D. (1995) 'The origin of cobalt blue pigments in French glass from the thirteenth to the eighteenth centuries', in *Trade and Discovery: The Scientific Study of Artefacts from Post-Medieval Europe and Beyond*, ed. D. R. Hook & D. R. M. Gaimster, British Museum Press, London (1995) 123-133.
- 37 Gratuze, B.; Soulier, I.; Blet, M.; Vallauri, L., 'De l'origine du cobalt: du verre à la céramique', *Revue d'Archéométrie* **20**(1) (1996) 77-94, <https://doi.org/10.3406/arsci.1996.939>.
- 38 Coentro, S.; Mimoso, J. M.; Lima, A.; Silva, A.; Pais, A.; Muralha, V. S., 'Multi-analytical identification of pigments and pigment mixtures used in 17th century Portuguese azulejos', *Journal of the European Ceramic Society* **32**(1) (2012) 37-48, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.07.021>.
- 39 Molera, J.; Pradell, T.; Salvadó, N.; Vendrell-Saz, M., 'Interactions between clay and bodies and lead glazes', *Journal of the American Ceramic Society* **84**(5) (2001) 1120-28, <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.2001.tb00799.x>.
- 40 Pérez-Arategui, J.; Ortega, J.M.; Escriche C., 'La tecnología de la cerámica mudéjar entre los siglos XIV y XVI: Las producciones esmaltadas de las zonas de Teruel y Zaragoza', *Avances en Arqueometría 2005. Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría*, ed. J. Molera i Marimon, J. Frajas i Silva, P. Roura i Grabulosa & T. Pradell i Cara, Universitat i Futur, Girona (2005) 89-95.
- 41 Vendrell-Saz, M.; Molera, J.; Tite, M., 'Optical properties of tin-opacified glazes', *Archaeometry* **42**(2) (2000) 325-340, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb.00885.x>.
- 42 Guilherme, A.; Coroado, J.; Carvalho, M. L., 'Chemical and mineralogical characterization on glazes of ceramics from Coimbra (Portugal) from the sixteenth to nineteenth centuries', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **395** (2009) 2051-2059, <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3132-y>.
- 43 Tite, M., 'The production technology of Italian maiolica: a reassessment', *Journal of Archaeological Science* **36** (2009) 2065-2080, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.07.006>.
- 44 Molera, J.; Pradell, T.; Vendrell-Saz, M., 'The colour of Ca-rich ceramic pastes: origin and characterization', *Applied Clay Science* **13** (1998) 187-202, [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(98\)00024-6](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(98)00024-6).
- 45 Mirti, P., 'On the use of colour coordinates to evaluate firing temperatures of ancient pottery', *Archaeometry* **40**(1) (1998) 45-57, <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.1998.tb00823.x>.
- 46 Pradell, T.; Molera, J.; Salvadó, N.; Labrador, A., 'Synchrotron radiation micro-XRD in the study of glaze technology', *Applied Physics A* **99** (2010) 407-417, <https://doi.org/10.1007/s00339-010-5639-7>.
- 47 Hajjaji, M.; Kacim, S., 'Clay-calcite mixes: sintering and phase formation', *British Ceramic Transactions* **103** (2004) 29-32, <https://doi.org/10.1179/096797804225012701>.
- 48 Rathossi, C.; Pontikes, Y., 'Effect of firing temperature and atmosphere on ceramic made of NW Peloponnese clay sediments. Part I: Reaction paths, crystalline phases, microstructure and colour', *Journal of the European Ceramic Society* **30**(9) (2010) 1841-1852, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2010.02.002>.
- 49 Traoré, K.; Kabré, T. S.; Blanchart, P., 'Gehlenite and anorthite crystallisation from kaolinite and calcite mix', *Ceramic International* **29**(4) (2003) 377-383, [https://doi.org/10.1016/S0272-8842\(02\)00148-7](https://doi.org/10.1016/S0272-8842(02)00148-7).
- 50 Duminuco, P.; Messiga, B.; Riccardi, M. P., 'Firing process of natural clays. Some microtextures and related phase compositions', *Termochimica Acta* **321** (1998) 185-190, [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(98\)00458-4](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(98)00458-4).
- 51 Trindade, M. J.; Dias, M. I.; Coroado, J.; Rocha, F., 'Mineralogical transformations of calcareous rich clays with firing: a comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal', *Applied Clay Science* **42** (2009) 345-355, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2008.02.008>.
- 52 Zuluaga, M. C.; Alonso-Olazabal, A.; Olivares, M.; Ortega, L.; Murelaga, X.; Bienes, J. J.; Sarmiento, A.; Etxebarria, N., 'Classification of glazed potteries from Christian and Muslim territories (Late Medieval Ages, IX-XIII centuries) by micro-Raman spectroscopy', *Journal of Raman Spectroscopy* **43** (2012) 1811-1816, <https://doi.org/10.1002/jrs.4056>.
- 53 Carretero, M. I.; Dondi, M.; Fabbri, B.; Raimondo, M., 'The influence of shaping and firing technology on ceramic properties of calcareous and non-calcareous illitic-chloritic clays', *Applied Clay Science* **20** (2002) 301-306, [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(01\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(01)00076-X).
- 54 Carvalho, A. P.; Vaz, M. F.; Samora, M.; Pires, J., 'Characterization of ceramic pastes of Portuguese ancient tiles', *Materials Science Forum* **514-516** (2006) 1648-1652, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.514-516.1648>.
- 55 Pereira, S., Mimoso, J., 'Physical-chemical characterization of historic Portuguese tiles', relatório LNEC 23/2011-NPC/NMM, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (2011).

Recebido: 2017-3-23

Revisto: 2017-11-19

Aceite: 2017-12-2

Online: 2017-12-10



Licenciado sob uma Licença Creative Commons

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>

Estudo tecnológico e composicional da folha de ouro de retábulos barrocos – bases para uma metodologia de investigação

Ana Bidarra^{1,2,*}, Günter Buzanich³, João Coroado⁴ , Fernando Rocha⁵ 

¹ Geobiotec/Departamento de Geociências, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

² Cinábrio – Conservação e Restauro, Rua Almirante Cândido dos Reis, n.º 28, 3.º T, 3800-096 Aveiro, Portugal

³ BAM Federal Institute for Materials Research and Testing, 12200 Berlin, Germany

⁴ Departamento de Conservação e Restauro, Instituto Politécnico de Tomar, Quinta do Contador, Estrada da Serra, 2300-313 Tomar, Portugal

⁵ Geobiotec/Departamento de Geociências, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

*bidarra.ana@gmail.com

Resumo

Foi estudada a folha de ouro do retábulo-mor da igreja de Jesus em Aveiro, um dos mais interessantes exemplares de talha barroca portuguesa, localizado no actual Museu da Cidade e antigo Convento de Jesus. Efectuaram-se análises qualitativas dos cortes estratigráficos por microscopia óptica e identificaram-se três camadas distintas – preparação branca, bolo e ouro – consistentes com a aplicação de um douramento tradicional. A utilização de microscopia electrónica de varrimento com espectrometria de raios X por dispersão de energia (SEM-EDS) mostrou o uso de uma liga ternária de Au, Ag e Cu com aproximadamente 22 quilates. Através de espectrometria de massa com plasma indutivo (ICP-MS) identificaram-se elementos-traço: Cr, Pt, Pd e Sn nas camadas ouro e Pb e Hg no bolo. O emprego de microfluorescência de raios X por radiação de sincrotrão (SR- μ XRF) permitiu confirmar a presença de Sn e traçar o perfil dos principais elementos presentes nas amostras.

Palavras-chave

Folha de ouro
Retábulos Barrocos
Microscopia óptica (OM)
Microscopia electrónica de varrimento (SEM-EDS)
Espectrometria de massa com plasma indutivo (ICP-MS)
Microfluorescência de raios X por radiação de sincrotrão (SR- μ XRF)

Technological and compositional study of the gold leaf from Baroque altarpieces – basis for a research methodology

Abstract

The gold leaf from one of the most important art works of the Portuguese Baroque period, the main altarpiece of the Church of Jesus in Aveiro, currently part of the city Museum and former Convent of Jesus, was studied. Qualitative analysis of the samples cross-section was performed by optical microscopy. Three different layers – ground layer, bole and gold – were identified, a result consistent with a traditional gilding. The use of scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS) showed the use of a ternary Au-Ag-Cu alloy, with approximately 22 carats. Through inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) it was possible to identify trace elements such as Cr, Pt, Pd and Sn in the gold, and Pb and Hg in the bole layer. The use of synchrotron radiation micro X-ray fluorescence (SR- μ XRF) confirmed the presence of Sn and allowed to establish a profile of the main elements in the samples.

Keywords

Gold leaf
Baroque altarpieces
Optical microscopy (OM)
Scanning electron microscopy (SEM-EDS)
Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)
Synchrotron radiation micro X-ray fluorescence (SR- μ XRF)

ISSN 2182-9942



Introdução

O retábulo-mor da Igreja do Convento de Jesus em Aveiro

O Convento de Jesus é um dos mais antigos conventos de Aveiro (Portugal), remontando a sua origem à segunda metade do século XV, quando o Papa Pio II concedeu a bula papal que autorizou o estabelecimento de uma Ordem Dominicana feminina (1461). A construção teve início em 1462 na presença do rei D. Afonso V. A filha do rei, a Princesa Joana, entrou para o convento em 1472, levando uma vida de santidade, tendo sido beatificada em 1693. O convento passou então a ser indissociável da vida da Princesa Santa [1].

Do século XVI ao século XVIII o edifício sofreu diversas obras de ampliação, melhoramentos e enriquecimento artístico. Apesar de em 1834 – fruto dos ideais liberais – todas as ordens masculinas terem sido extintas, as ordens femininas foram autorizadas a permanecer até à morte da última freira – até 1874 no caso do Convento de Jesus. Em 1911 o Museu de Aveiro foi instalado no Convento.

O retábulo que serviu de base para este estudo, encontra-se na capela-mor da Igreja. A Igreja é totalmente forrada com talha – entalhada e dourada ao longo de diferentes campanhas, entre os séculos XVII e XVIII. Ao esplendor da talha aliam-se os azulejos, esculturas e pinturas. Esta Igreja e a sua decoração, são um reflexo da produção retabular portuguesa e do gosto pela utilização de ouro na ornamentação de espaços religiosos (Figura 1).

António Gomes e José Correia foram os entalhadores escolhidos para os trabalhos da capela-mor em 1725 [2-4]. Devido a obras na Igreja, o trabalho apenas ficou concluído em Maio de 1728. O douramento foi feito no ano seguinte pelos mestres Manuel da Silva e António José Correia [2-4]. Apesar de existir documentação original relativa à feitura deste retábulo em particular, não existe informação quanto à produção de muitas das obras deste e doutros períodos.

Muitos dos trabalhos de investigação que têm sido feitos ao longo dos anos focam-se principalmente em características tipológicas, sociais, económicas, religiosas ou artísticas, relativas aos retábulos estudados. Esta investigação pretende ser uma nova abordagem a estas produções retabulares, tendo por base um aspecto muito específico – a folha de ouro. O reconhecimento de características únicas, nomeadamente através da identificação de elementos maioritários, traço e ultratraço, pretende não só fornecer informações precisas sobre o retábulo em estudo, como estabelecer relações entre diferentes produções.

Ouro e relações de proveniência

A determinação de relações de proveniência de metais e ligas metálicas apresenta muitas dificuldades. O grau de processamento necessário à manufactura do objecto

está inversamente relacionado com a possibilidade de se encontrar uma correspondência entre o objecto e a matéria-prima, tornando o estabelecimento de relações de proveniência idealmente indicado para o metal puro, sem ligas e de apenas uma origem geológica [5-6].

A metalogenia do ouro encontra-se interligada às diferentes formações geotectónicas e, dada a sua inércia química, o ouro ocorre fundamentalmente no estado nativo. Seja qual for a sua formação, encontra-se em filões associado com quartzo, calcite, alunite, outros minerais secundários e vários sulfuretos: pirite, galena, calcopirite, esfarelite, arsenopirite, tetraedrite e pirrotite [7]. O ouro metálico encontra-se em pequenas quantidades no interior da estrutura dos sulfuretos, existindo uma tendência para formar ligas com outros metais, como a prata (Ag), o cobre (Cu), o ferro (Fe), o bismuto (Bi) e os metais do grupo da platina (Ni, Pd e Pt) [7-8]. O mais usual é a ocorrência de ligas com a prata, em proporções variáveis, razão pela qual um jazigo aurífero poderá ser também argentífero e vice-versa. O teor de ouro e dos restantes minérios a ele associados variam consoante o tipo de jazigo, o qual pode ser primário ou secundário (aluvionar). Este último pode estar relacionado com as bacias hidrográficas e com a desagregação dos jazigos primários [7]. O ouro extraído do quartzo aurífero ou em depósitos aluviais era obtido na forma de pó, grãos ou pepitas, sendo posteriormente fundido e refinado [8].

A metalurgia do ouro e a sua extracção sofreu evoluções ao longo do tempo e contemplava processos físico-químicos como martelagem a frio, recozimento, fundição, transformações pirometalúrgicas, fragmentação (ou britagem), desengrossamento, apuramento de concentrados primários e afinação ou purificação do metal [7, p. 71]. Após a extracção, o minério ouro precisa de ser devidamente tratado antes de ser trabalhado, para remoção das impurezas a que se encontra associado em maior ou menor concentração. Agrícola, no século XVI, refere: “Alguns povos constroem uma máquina que ao mesmo tempo mói, limpa e lava o minério de ouro e mistura o ouro com mercúrio. A máquina tem uma roda hidráulica” [9, p. 295]. Este tratamento podia ser efectuado, numa primeira fase, perto do local de mineração. Depois do tratamento mecânico (britagem) procedia-se à separação gravítica por decantação [7].

A análise elementar e a determinação dos elementos minoritários e traço típicos da origem (depósitos primários ou secundários) ou da proveniência (localização do depósito) permitem obter informações necessárias à sua tipificação [6-8, 10]. Embora possam existir variações significativas de composição dentro de um mesmo depósito, os padrões de associação inter-elementar permanecem constantes.

Elementos geologicamente associados a um depósito são os elementos do grupo da platina (PGE – Platinum Group Elements), que incluem o paládio (Pd), a platina (Pt), o ósmio (Os), o ruténio (Ru), o ródio (Rh) e o irídio (Ir). Estes metais possuem elevados pontos de fusão e ebulição, pelo que não são removidos aquando dos



Figura 1. Retábulo-mor da Igreja do Convento de Jesus (Museu de Aveiro).

processos de refinação [11-12]. Como tal, a concentração destes elementos, característicos do metal e da sua proveniência, pode apontar para uma origem geológica: Pt e Pd, depósitos da América do Sul (Colômbia, Brasil e Perú); Pt, do Leste da Europa (peças mais recentes); Pd, Sn, Sb e elementos do grupo do telúrio, da Índia (após o século XVI) [6, 10].

A inexistência de uma base de dados do perfil elementar dos depósitos (muitas das fontes geológicas do passado são de origem desconhecida), as variações geológicas e a dificuldade de se conseguir uma análise precisa dos elementos-traço, tornam a definição do contexto geológico uma tarefa difícil [6, 11, 13-14]. Os diferentes processos de purificação do ouro constituem outra barreira à definição do perfil geológico do metal devido à introdução de novos elementos: a copelação (processo termoquímico) envolve temperaturas elevadas e substâncias redutoras, oxidantes e fundentes (carbonato de sódio e/ou bórax, chumbo e carvão); utilização de uma amálgama de osso moído com cal e água ou com mercúrio; emprego de diversos processos que envolviam o uso de sal e materiais orgânicos ou uma amálgama e um componente de enxofre (sulfato de antimónio e carvão) [7, pp. 75-76]. Deverá ser ainda considerado, no caso específico do ouro do Brasil, o facto de o ouro só poder circular legalmente após a sua passagem nas Casas de Fundição e da Moeda (implantadas em meados do século XVII), onde o metal era reduzido e transformado em barras ou moedas. Indispensável a este processo era o *solimão*, uma mistura de mercúrio, salitre e ácido sulfúrico, utilizado na fundição do ouro para libertação das impurezas [15-16].

No caso específico da folha de ouro, a evolução da tecnologia de processamento do ouro é outro obstáculo, pois a adição de metais para melhorar a sua trabalhabilidade, reduzir custos ou alterar a cor, contribuem para a perda de informação fornecida pelos elementos-traço. Contribuem ainda para esta dificuldade, o comércio, a pilhagem e a refusão do metal, tornando a determinação da origem praticamente impossível [14]. Por outro lado, a relação Pd/Pt, juntamente com os resultados obtidos com as diferentes técnicas, pode produzir uma tipificação mais próxima do fornecedor; mais especificamente, poderá relacionar fornecedores e/ou douradores, determinando características comuns entre diferentes retábulos, capazes de estabelecer novas relações históricas, estilísticas e técnicas. Um outro obstáculo relativo à determinação da proveniência está relacionado com as próprias amostras, não só com a quantidade de material necessário para os exames, como com a sua tipologia – são amostras complexas, compostas por diferentes camadas, de diferentes materiais. É necessário ter ainda em linha de conta que alguns dos retábulos analisados – nomeadamente o da Igreja do Convento de Jesus em Aveiro – são obras de arte classificadas e, apesar de ser possível efectuar a recolha de amostras, estas estão limitadas quanto à área de recolha, quantidade e dimensão (aproximadamente 1 mm² de superfície).

Folha de ouro: breve introdução histórica e tecnologia de produção

Sendo muito limitadas as referências ao ouro utilizado no douramento dos retábulos, a dinâmica entre douradores e batedores de folha poderá fornecer informações quanto à circulação e aquisição do ouro [17]. Os contratos reflectem a importância dos fornecedores de ouro, cujas reputações dependiam da qualidade do ouro e da qualidade da folha, de acordo com as especificações do mestre dourador [18]. O ouro poderia ser fornecido pelo dono-de-obra ou pelo batedor, com garantias de boa qualidade [18].

Apesar de ser possível trabalhar o ouro directamente, sem refinação prévia, a adição de outros metais melhora a sua capacidade de trabalho e aparência [19]. Adicionando prata e cobre torna-se possível produzir um elevado número de ligas metálicas com diferentes cores, podendo cada liga ser produzida de acordo com uma aplicação particular. A presença de cobre ou prata em diferentes percentagens permite alterar a cor da liga, variando a gama de cores de verde, a vermelho, rosa, branco, etc. [11, 20]. As propriedades mecânicas como a resistência, dureza e ductilidade, também podem ser melhoradas juntando outros metais ao ouro ou efectuando alguns tratamentos como o recozimento ou arrefecimento brusco. Dada a extrema maleabilidade do ouro é possível martelá-lo de forma a conseguir folhas extremamente finas – técnica que remonta há cinco mil anos ao Antigo Egipto, onde em alguns túmulos estão representados os batedores de ouro, a trabalhar em conjunto com prospectores e fundidores [21-22].

Apesar de algumas inovações na produção da folha durante o século XX, muito do processo permaneceu inalterado durante centenas de anos [23]. O trabalho começa com a fundição do ouro a que se adiciona cobre e prata em diferentes percentagens, dependendo da cor pretendida. Um pequeno lingote é produzido, sendo posteriormente reduzido na sua espessura por sucessivas passagens entre uma prensa de rolos polidos, até se transformar numa fita tão fina quanto uma folha de papel. Com uma tesoura, a fita é cortada em quadrados. Os quadrados – entre 150 e 200 – são inseridos entre folhas de velino e batidos até o ouro ficar com as mesmas dimensões do velino. O ouro é retirado, cortado em quatro com uma faca de aço e depois colocado entre folhas de tripa de boi. É então batido repetidamente até atingir a dimensão das folhas que são novamente divididas em quatro com uma faca [21-22, 24]. O ouro vendia-se em unidades de 1000 peças – 10 livros, cada um com 100 folhas – com uma pureza entre 20 e 24 quilates [18, 24].

Procedimentos experimentais

Preparação das amostras

Foram recolhidas do retábulo-mor da igreja de Jesus três amostras em áreas discretas mas representativas como o reverso das colunas ou os degraus do trono;

seleccionaram-se zonas de difícil acesso para garantir amostras pouco alteradas pela presença de materiais estranhos tais como tintas, purpurinas, ceras ou vernizes. Depois de englobadas em resina (BYLAPOX 3085 A e B (2:1)) e polidas (equipamento Struers Planopol-V), as análises foram efectuadas nos cortes transversais.

Microscopia óptica (OM)

A observação das amostras foi efectuada com um estereomicroscópio óptico Zeiss Stemi 2000-C com fonte iluminação externa (Zeiss KL 1500 LCD). A obtenção das imagens foi efectuada em campo claro, com uma câmara AxioCam MRcS e equipamento Axio Vs 40 V4.4 Carl Zeiss Vision GmbH. A preparação e observação das amostras seguiram o procedimento aplicado à análise de pintura e escultura [25]. A análise estratigráfica das amostras permite estudar o número, espessura, adesão e coesão das camadas e a forma e dimensão das partículas [26], assim como detectar a presença de mais do que um douramento.

Microscopia electrónica de varrimento com espectrometria de raios X por dispersão de energia (SEM-EDS)

As análises por SEM-EDS foram efectuadas no microscópio Hitachi SU-70 UHR Schottky FESEM com sistema Quantax 400 EDS da Bruker AXS (XFlash Silicon Drift Detector). Foi aplicada uma voltagem de aceleração de 15 kV e uma corrente de 32 μ A. A análise elementar foi efectuada numa área de 1 μ m², seleccionada de acordo com a sua homogeneidade e ausência de vazios, com um tempo de aquisição de 60 segundos. As áreas foram observadas com uma ampliação de 8000 \times e a análise elementar e semiquantitativa foi realizada através de três medições. A semiquantificação foi efectuada pelo software Esprit usando o método P/B-ZAF, sendo ZAF a matriz de correcção baseada no número atómico (Z), na auto-absorção (A) e na fluorescência secundária (F). Os resultados semiquantitativos foram normalizados para 100 %. As amostras foram cobertas com grafite. A utilização de SEM-EDS permite o estudo da microestrutura através do varrimento por linhas, assim como a execução de mapas bidimensionais da distribuição elementar [13, 27].

Espectrometria de massa com plasma indutivo (ICP-MS)

O estudo por ICP-MS foi efectuado num equipamento Thermo X-Series quadrupole ICP-MS (Thermo Scientific) equipado com um nebulizador Burgener (1,0 mL min⁻¹), cones de níquel e uma bomba peristáltica, segundo as condições de operação referidas na Tabela 1. A validação dos métodos químicos foi efectuada seguindo as recomendações do Guia Relacre 13 utilizando amostras certificadas (Merck, p.a.) para determinação das curvas de calibração [28] e incluiu a definição do alcance, linearidade, limites analíticos (de detecção e quantificação dos diferentes

elementos), sensibilidade e precisão (repetibilidade). As curvas de calibração foram produzidas utilizando padrões comerciais elementares e multi-elementares. Como as amostras estão estruturadas em diferentes camadas, compostas por diferentes materiais, foi necessário separá-las. Primeiro, cada amostra foi sujeita a uma solução de ácido nítrico (10 %) a quente com o objectivo de dissolver as camadas de preparação e o bolo. De seguida, o resíduo, composto maioritariamente por folha de ouro, foi dissolvido em água-régia (solução de ácido nítrico e clorídrico 1:3). Ambas as soluções foram analisadas, de forma a determinar a eficácia dos procedimentos. Foram efectuadas três leituras para cada elemento em três amostras distintas, sendo que os resultados correspondem à concentração média obtida para as três amostras. Fundamental neste processo é a determinação do procedimento adequado para a completa dissolução das amostras por digestão química [11]; dado que os limites de detecção dependem em grande parte da limpeza dos vasos de digestão, da pureza dos reagentes adicionados durante a mineralização e do tipo de ácido utilizado na preparação das amostras, estes factores desempenham um papel decisivo durante as medições [29].

Microfluorescência de raios X por radiação de sincrotrão (SR- μ XRF)

Foram realizadas medições prévias utilizando microfluorescência de raios X (SR- μ XRF) na BAMline do sincrotrão BESSY, em Berlim, [30]. Dos diferentes equipamentos ópticos disponíveis, apenas o duplo

Tabela 1
ICP-MS: condições de operação.

Data acquisition parameters	
Scanning mode	Peak jump
Dwell time (ms)	10
Reading per replicate	3
Points per spectral peak	1
Sweeps	60
Setup timings	
Uptake	30 s
Washout	60 s
Requirements of argon gas	
Purity	$\geq 99.996\%$
Maximum quantity of water	$< 5\text{ mg L}^{-1}$
Flow	20 L min ⁻¹
Throttle	5.5 bar (max. 6 bar)
Internal standard	¹¹⁵ In

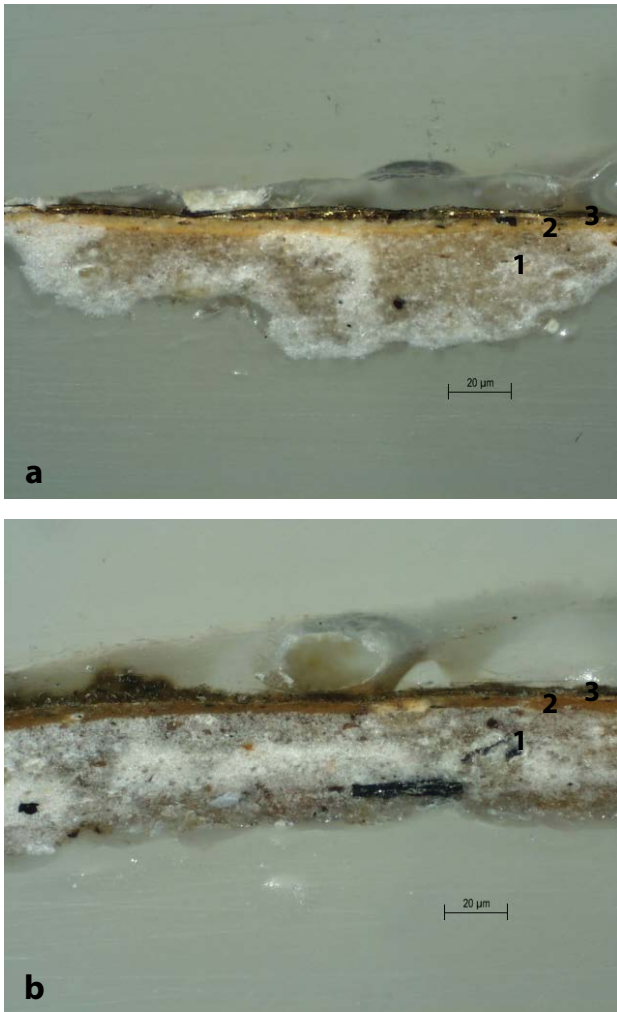


Figura 2. Corte estratigráfico das amostras 1 (a) e 2 (b) observado por OM (100×): 1) preparação; 2) bolo; 3) ouro.

monocromador multicamadas foi utilizado para fornecer um feixe monocromático de 12 keV de alto fluxo e largura de banda de 120 eV. O feixe foi focado com uma lente refractiva (*compound refractive lens* – CRL) [31] para um ponto na amostra de 1 μm^2 e o espectro recolhido com um detector SDD (*silicon drift detector*). Este equipamento, juntamente com um nível de manipulação de elevada precisão, permitiu efectuar varrimentos ao longo da amostra com uma resolução de 1 μm .

Resultados

Os resultados obtidos por OM e SEM mostram que as amostras recolhidas partilham importantes características físicas tais como a morfologia da superfície, espessura das camadas, uniformidade e cor. Regista-se ainda a presença de um douramento a água onde as três camadas – ouro, bolo e preparação – são claramente visíveis [24, 32]. Todas as camadas apresentam boa adesão e coesão e não são visíveis vestígios de redouramento (Figura 2). Apesar de muitos dos tratados dos séculos XVII e XVIII

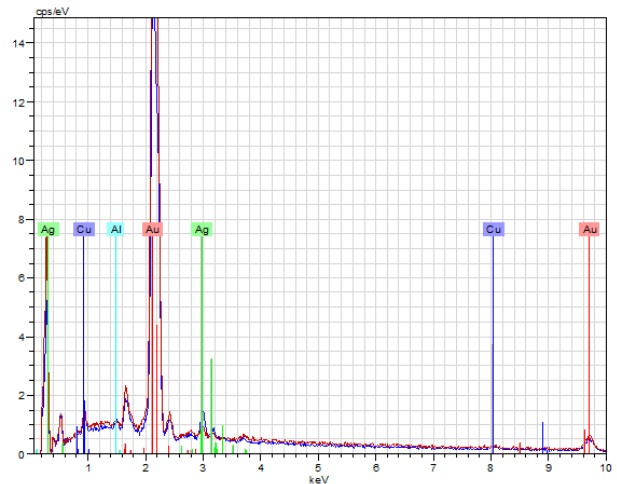


Figura 3. Espectros de SEM-EDS da folha de ouro das amostras 1 e 2.

referirem a aplicação de um mínimo de três camadas de *gesso grosso*, três de *gesso sotile* e quatro de bolo, sendo o ideal a aplicação de cinco de cada num total de 15 [18, 33], não é possível distinguir através de OM e SEM o número exacto de aplicações em cada camada [34-36]. A análise por SEM-EDS da preparação e do bolo revelou a presença de S e Ca e de Al, Si e Fe, respectivamente. Quanto à folha de ouro, foi possível estabelecer outros paralelismos entre as amostras, tais como a presença de uma liga de Au-Cu-Ag (Figura 3) com aproximadamente 22 quilates, com percentagens médias de Ag e Cu de 7 e 3 % (Tabela 2).

A concentração dos elementos-traço das amostras encontra-se abaixo do limite de detecção no caso da análise por SEM-EDS, sendo que a sua determinação coloca diversas questões relacionadas com a interpretação dos picos espectrais [37]. A proximidade de várias linhas, nomeadamente de Au e Pt e de Ag e Pd, pode originar a sobreposição dos picos [38]. A semiquantificação dos elementos minoritários é ainda restringida por factores como o ruído de fundo – sempre presente – e a matriz, entre outros [39]. As amostras revelam de forma clara a distribuição de Au, Ag e Cu e os elementos maioritários do bolo (Al e Si) (Figura 4).

A ICP-MS é uma das poucas técnicas que permite analisar amostras com concentrações elementares inferiores a 1 ppm para quase todos os elementos da Tabela Periódica, sendo ainda possível detectar

Tabela 2

Composição da folha de ouro (elementos maioritários) segundo os resultados obtidos por SEM-EDS

Amostra	Au (%)	Ag (%)	Cu (%)	Quilates
Amostra 1	92,24	4,76	3,00	22,14
Amostra 2	87,78	8,64	3,58	21,16
Média	90,01	6,70	3,29	21,87

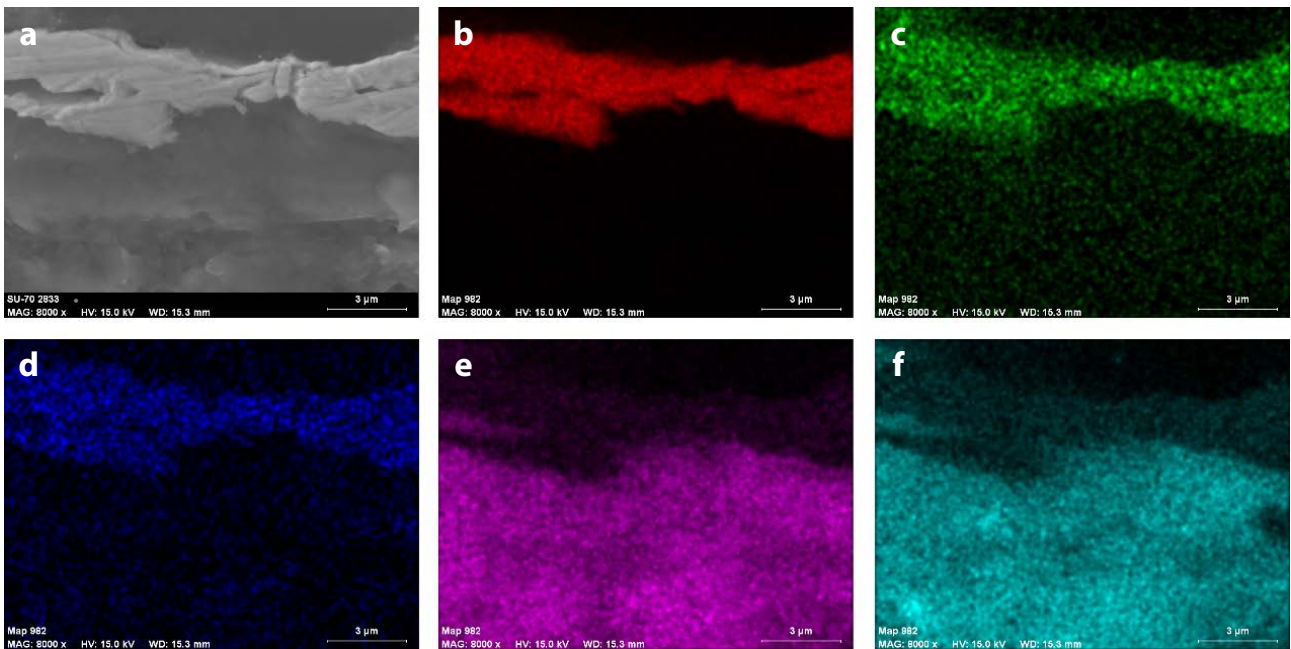


Figura 4. Imagem de electrões retrorreflexivos da amostra 1 (a) e respectivos mapas de elementos: ouro (b); prata (c); cobre (d); alumínio (e); silício (f). SEM-EDS, 8000x.

concentrações ultratraco [8, 10, 12]. Identificaram-se diversos elementos: Cr, Pd, Pt e Sn em concentrações muito reduzidas e, em maior concentração, Pb e Hg. A utilização de Pb e Hg é referida em diversos tratados dos séculos XIII ao XVIII como fazendo parte do bolo [40, pp. 258- 263]. No entanto, a presença de Hg poderá estar associada, em maior ou menor percentagem, aos processos de extracção (separação do minério) e preparação do ouro (transformação em barras) [9, 7, 15-16]. Foram feitas medições das concentrações dos diferentes elementos nas soluções obtidas com ácido nítrico e com água-régia e os resultados obtidos, apresentados na Tabela 3, correspondem à soma das concentrações elementares nas duas soluções. A relação entre estes valores e o limite de detecção (DL) encontra-se também expressa na Tabela 3.

Os resultados obtidos por SR- μ XRF (Figura 5) permitem identificar os elementos maioritários da folha de ouro (Au e Cu) e os elementos presentes no bolo e na camada de preparação. A Ag não é detectada devido à baixa energia do feixe primário (12 keV), que não é suficiente para provocar as transições da série K. A detecção através da série L não constitui uma alternativa

Tabela 3

ICP-MS: concentração dos elementos-traço nas amostras e limites de detecção (DL)

	Cr	Pd	Pt	Sn	Pb	Hg
Concentração (ppb)	3,2	1,6	0,2	1,7	71,8	34,9
DL (ppb)	0,5	0,5	0,05	1	5	1
Concentração/DL	6,3	3,3	3,7	1,7	14,4	34,9

Concentração: valores médios obtidos para três amostras.

pois as linhas L da Ag sobrepõem-se às linhas K do Ar no ar e a eficiência de detecção destas é reduzida [6, 41]. Da mesma forma, a identificação da Pt torna-se particularmente complexa pois a sua detecção só pode ser feita excitando a amostra com energia superior à energia das transições da série L da Pt mas inferior à energia das transições L do Au [41]. Como as camadas de bolo e preparação são compostas por elementos de baixo número atómico, não detectados nas condições de trabalho, apenas se detectou a presença de Fe e Ca e determinou-se a espessura da camada de bolo [42]. Os resultados obtidos através do varrimento da amostra encontram-se na Figura 6, onde os perfis dos principais elementos são traçados assim como os limites das camadas. A folha de ouro neste ponto específico da amostra tem uma espessura de 2 μ m e o bolo (caracterizado pelo Fe) tem uma espessura de 50 μ m. De forma a ser possível uma caracterização mais precisa da folha, foi efectuado um conjunto de 11 linhas de varrimento equidistantes 50 μ m (Figura 7) que confirmou os resultados obtidos por SEM-EDS e mostrou que a folha tem uma espessura de 2 μ m. A presença de Zr é uma contribuição do colimador e o Pb uma contribuição tanto do colimador como da amostra – tal como referido nos resultados por ICP-MS. O espectro obtido revelou ainda a presença de Sn; o cruzamento destes resultados com os resultados obtidos por ICP-MS confirma a presença deste elemento na amostra.

Discussão e conclusões

Este estudo permitiu identificar características distintivas da folha de ouro utilizada no retábulo-mor da Igreja do Convento de Jesus, em Aveiro. A aplicação

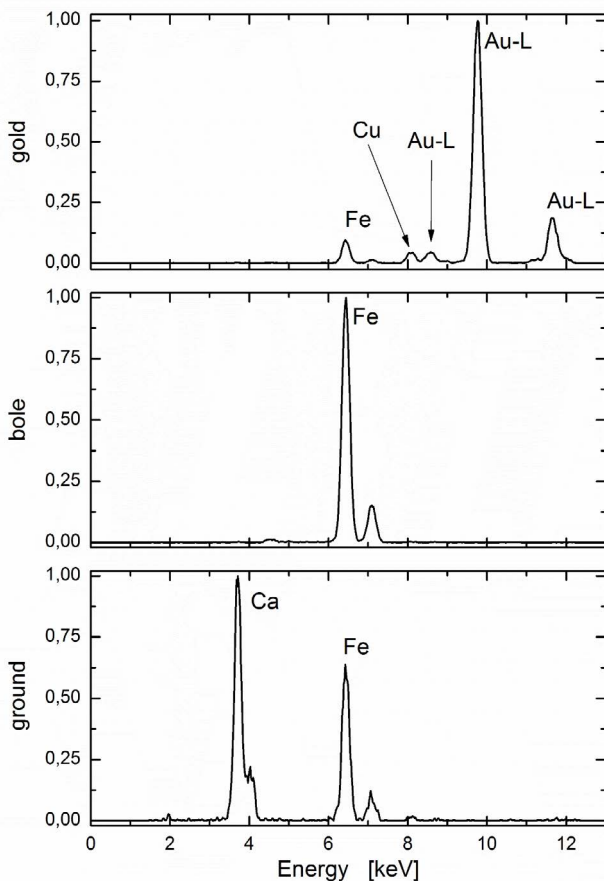


Figura 5. Espectro de SR- μ XRF da amostra 1 (folha de ouro, bolo e preparação).

de uma abordagem multianalítica e o conhecimento das vantagens e desvantagens de cada método tornaram possível a análise rigorosa da folha de ouro e a caracterização da técnica de douramento.

Através da combinação de OM e SEM, observou-se a presença de um douramento a água com três camadas claramente distintas – ouro, bolo e preparação – sem vestígios de redouramento. A utilização de SEM-EDS permitiu definir o perfil elementar das diferentes camadas: Au, Cu e Ag na folha de ouro (liga ternária de aproximadamente 22 quilates), Si, Al e Fe no bolo e S e Ca na preparação. Os elementos que se encontram em concentrações muito reduzidas, tais como Cr, Pd, Pt e Sn, foram identificados por ICP-MS, assim como Pb e Hg que, apesar de presentes em maiores concentrações, não foram identificados por SEM-EDS. A presença de Pb e Hg estará relacionada com a técnica de douramento, pois são vários os tratados que referem a utilização de aditivos na preparação do bolo, nomeadamente vermelho de chumbo (Pb_3O_4) e vermelhão (HgS). A presença de Hg poderá ser também uma contribuição, em percentagem não definida, do processo de preparação do ouro, pois o mercúrio era utilizado para purificar o minério. Através de SR- μ XRF confirmou-se a presença de Sn – já identificado por ICP-MS com concentração muito reduzida (1,7 ppb) – e definiu-se com exactidão

a espessura da folha de ouro e do bolo (2 μ m e 50 μ m, respectivamente, na extensão em que foi efectuado o varrimento da amostra). A identificação de Pd e Pt por ICP-MS, indiciam uma origem geológica em depósitos da América do Sul (Colômbia, Brasil ou Perú) pois, apesar dos diferentes processos aplicados na extracção e produção do metal, os padrões de associações interelementares permanecem constantes. Considerando que o Brasil à época do douramento do retábulo (1729) era uma colónia portuguesa e o maior fornecedor de ouro a nível mundial, e dada a dimensão da empreitada, os resultados obtidos sugerem a utilização de ouro de origem brasileira.

A criação de um perfil para o ouro utilizado nos diferentes retábulos nacionais, através de um protocolo estruturado e bem definido, poderá ser uma mais-valia na definição de novas aproximações históricas, estilísticas e tecnológicas, revelando semelhanças até agora desconhecidas. Em última análise, essa criação será um factor importante para a conservação e restauro, dado que as características do ouro e as técnicas utilizadas permitirão definir com maior exactidão qual a melhor metodologia de intervenção.

Agradecimentos

Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia (FCT) – SFRH/BD/38593/2007. GeoBioTec Research Centre – Universidade de Aveiro (Portugal). Central Analytical Laboratory – Universidade de Aveiro (Portugal). Technological Centre of Ceramic and Glass (CTCV) – Coimbra.

ORCID

João Coroado

 <https://orcid.org/0000-0001-6743-9278>

Fernando Rocha

 <https://orcid.org/0000-0002-3636-3933>

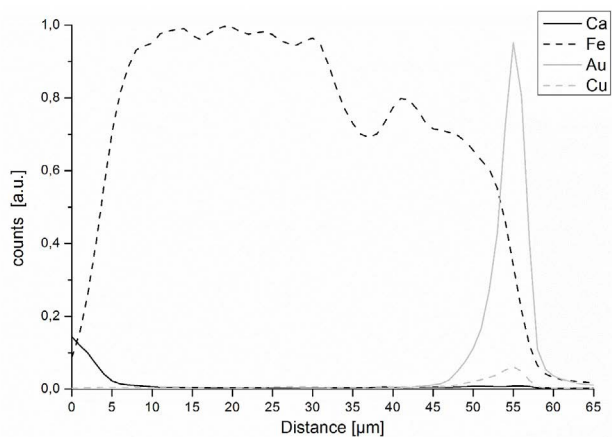


Figura 6. Varrimento linear das camadas da amostra 1, por SR- μ XRF, com uma resolução de 1 μ m: camada de preparação (Ca), bolo (Fe) e folha de ouro (Au).

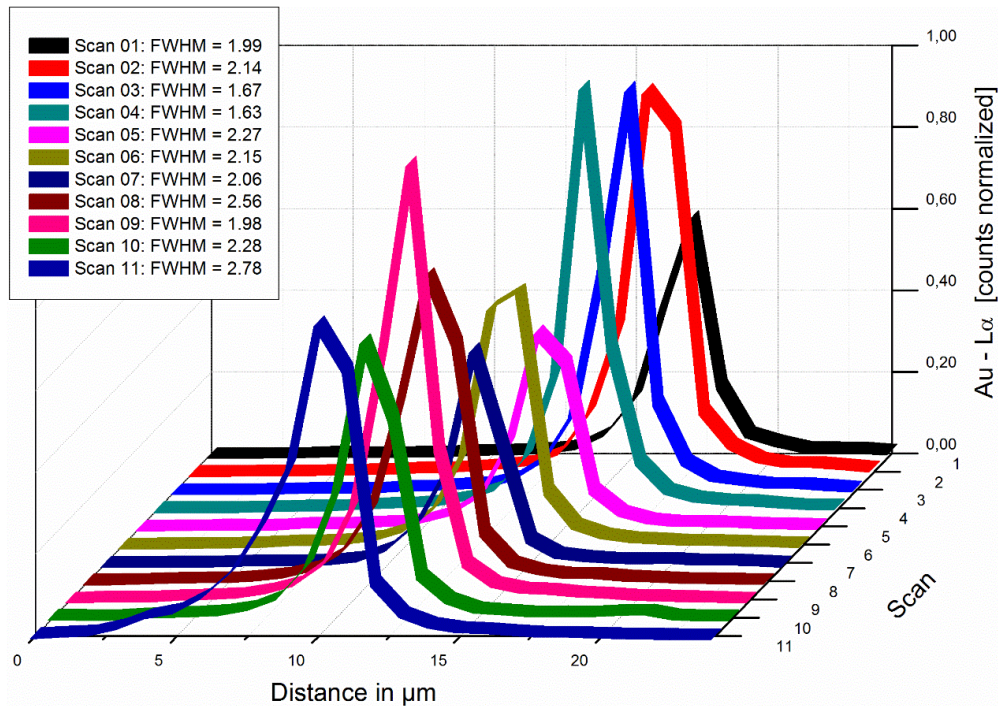


Figura 7. Varrimento linear da folha de ouro da amostra 1, por SR-μXRF, com uma resolução de 1 μm e espaçamento de 50 μm.

Referências

- Madahil, A. G. R. (ed.), *Crónica da Fundação do Mosteiro de Jesus de Aveiro e Memorial da Infanta Santa Joana Filha Del Rei Dom Afonso V*, Aveiro (1939).
- Brandão, D. P., *Obra de Talha Dourada, Ensamblagem e Pintura na Cidade e Diocese do Porto. II. 1700 a 1725*, Diocese do Porto, Porto (1985).
- Brandão, D. P., *Obra de Talha Dourada, Ensamblagem e Pintura na Cidade e Diocese do Porto. III. 1726 a 1750*, Diocese do Porto, Porto (1986).
- Ferreira-Alves, N. M., 'A apoteose do barroco nas igrejas dos conventos femininos portugueses', *Revista da Faculdade de Letras – História* **9** (1992) 369-388, <http://hdl.handle.net/10216/8032>.
- Ixer, R. A., 'The role of ore geology and ores in the archaeological provenancing of metals', in *Metals in Antiquity*, ed. S. M. Young, M. Pollard, P. Budd & R.A. Ixer, Archaeopress, Oxford (1999) 43-52.
- Guerra M. F.; Radtke M.; Reiche, I.; Riesemeier, H.; Strub, E., 'Analysis of trace elements in gold alloys by SR-XRF at high energy at the BAMline', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **266**(10) (2008) 2334-2338, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2008.03.008>.
- Martins, C. M., 'A exploração mineira romana e a metalurgia do ouro em Portugal', tese de doutoramento, Universidade do Minho, Braga (2008).
- Guerra, M. F., 'An overview on the ancient goldsmith's skill and the circulation of gold in the past: the role of x-ray based techniques', *X-Ray Spectrometry* **37**(4) (2008) 317-327, <https://doi.org/10.1002/xrs.1013>.
- Agricola, G., *De Re Metallica*, ed. H. C. Hoover & L. H. Hoover, The Mining Magazine, Salisbury House, London (1912).
- Guerra, M. F.; Calligaro, T., 'Gold traces to trace gold', *Journal of Archaeological Science* **31**(9) (2004) 1199-1208, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2002.05.001>.
- Guerra, M. F.; Calligaro, T., 'Gold cultural heritage objects: a review of studies of provenance and manufacturing technologies', *Measurement Science and Technology* **14**(9) (2003) 1527-1537, <https://doi.org/10.1088/0957-0233/14/9/305>.
- Constantinescu, B.; Bugoi, R.; Cojocaru, V.; Voiculescu, D.; Grambole, D.; Herrmann, F.; Ceccato, D., 'Romanian ancient gold objects provenance studies using micro-beam methods: the case of "Pietroasa" hoard', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **231**(1-4) (2005) 541-545, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.01.114>.
- Guerra, M. F., 'Fingerprinting ancient gold with proton beams of different energies', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **226**(1-2) (2004) 185-198: doi: <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2004.02.019>.
- Guerra, M. F.; Sarthre, C. O.; Gondonneau, A.; Barrandon, J. N., 'Precious metals and provenance enquiries using LA-ICP-MS', *Journal of Archaeological Science* **26**(8) (1999) 1101-1110, <https://doi.org/10.1006/jasc.1999.0405>.
- Barcelos, R., 'Entre o ouro e a escória: arqueometalurgia do ouro no Brasil dos séculos XVIII e XIX', tese de doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Porto (2016), <http://hdl.handle.net/10216/83730>.
- Barcelos, R., 'Casas de fundição e da moeda no Brasil e em Portugal: purificar o ouro, apurar as técnicas', *População e Sociedade* **21** (2013) 143-163.
- Ferreira, S.; Murta, E.; Sandu, I. C. A.; Pereira, M. C., 'Os púlpitos da Igreja de Nossa Senhora da Pena, em Lisboa: um estudo histórico, estilístico, técnico e material', *Conservar Património* **19** (2014) 5-20, <https://doi.org/10.14568/cp2013009>.
- Ferreira-Alves, N. M., *A Arte da Talha no Porto na Época Barroca. Artistas e clientela. Materiais e técnica*, 2 vols., Arquivo Histórico – Câmara Municipal do Porto, Porto (1989).
- Brostoff, L. B.; Gonzalez, J. J.; Jett, P.; Russo, R. E., 'Trace element fingerprinting of ancient Chinese gold with femto-second laser ablation-inductively coupled mass spectrometry', *Journal of Archaeological Science* **31**(9) (2004) 1199-1208, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2002.05.001>.

- try', *Journal of Archaeological Science* **36**(2) (2009) 461-466, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.037>.
- 20 Selwyn, L., 'Corrosion chemistry of gilded silver and copper' in *Gilded Metals. History, Technology and Conservation*, ed. T. Drayman-Weisser, Archetype Publications, London (2000) 21-47.
- 21 Nicholson, E. D., 'The ancient craft of gold beating', *Gold Bulletin* **12**(4) (1976) 161-166, <https://doi.org/10.1007/BF03215119>.
- 22 Darque-Ceretti, E.; Felder, E.; Aucouturier, M., 'Foil and leaf gilding on cultural artifacts; forming and adhesion', *Revista Matéria* **16**(1) (2011) 540-559, <https://doi.org/10.1590/S1517-70762011000100002>.
- 23 Mactaggart, P.; Mactaggart, A.; *Practical Gilding*, Archetype Publications, London (2005).
- 24 González-Alonso Martínez, E., *Tratado del Dorado, Plateado y Su Policromía. Tecnología, Conservación y Restauración*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (1997).
- 25 Khandekar, N., 'Preparation of cross sections from easel paintings', *Reviews in Conservation* **4** (2003) 52-64, <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.Supplement-1.52>.
- 26 Calvo, A., *Conservación y Restauración. Materiales técnicos y procedimientos. De la A a la Z, 3.ª ed.*, Ediciones del Serbal, Barcelona (2003).
- 27 Hein, A.; Degrygn, C., 'The application of non-destructive technologies for the damage assessment of metal objects', in *Metals and Museums in the Mediterranean, Protecting, Preserving and Interpreting*, ed. V. Argyropoulos, The PROMET Consortium (2008) 125-140.
- 28 'Guia RELACRE 13, Validação de métodos internos de ensaio em análise química', IPQ, Lisboa (2000).
- 29 Pyrzynska, K., 'Recent developments in the determination of gold by atomic spectrometry techniques', *Spectrochimica Acta B* **60**(9-10) (2005) 1316-1322, <https://doi.org/10.1016/j.sab.2005.06.010>.
- 30 Riesemeier, H.; Ecker, K.; Görner, W.; Müller, B.; Radtke, M.; Krumrey, M., 'Layout and first XRF applications of the BAMline at BESSY II', *X-Ray Spectrometry* **34**(2) (2005) 160-163, <https://doi.org/10.1002/xrs.750>.
- 31 Nazmov, V.; Reznikova, E.; Mohr, J.; Snigirev, A.; Snigireva, I.; Achenbach, S.; Saile, V., 'Fabrication and preliminary testing of x-ray lenses in thick SU-8 resist layers', *Microsystem Technologies* **10**(10) (2004) 716-21, <https://doi.org/10.1007/s00542-004-0433-0>.
- 32 Sandu, I.; Murta, E.; Ferreira, S.; Pereira, M.; Candeias, A.; Mirão, J.; Miguel, C.; Paba, F., 'More than gold – an interdisciplinary, complementary study of gilding materials and techniques in Baroque altarpieces from Portugal', *ECR – Estudos de Conservação e Restauro* **6** (2014) 13-37, <https://doi.org/10.7559/ecr.6.7522>.
- 33 Serck-Dewaide, M., 'Les techniques utilisées dans l'art baroque religieux des XVIIe et XVIIIe siècles au Portugal, en Espagne et en Belgique', in *Policromia. A escultura policromada religiosa dos séculos XVII e XVIII. Estudo comparativo das técnicas, alterações e conservação em Portugal, Espanha e Bélgica*, ed. A. I. Seruya, Instituto Português de Conservação e Restauro, Lisboa (2002) 119-155.
- 34 Antunes, V.; Candeias, A.; Oliveira, M. J.; Longelin, S.; Serrão, V.; Seruya, A. I.; Coroado, J.; Dias, L.; Mirão, J.; Carvalho, M. L., 'Characterization of gypsum and anhydrite ground layers in 15th and 16th centuries Portuguese paintings by Raman Spectroscopy and other techniques', *Journal of Raman Spectroscopy* **45**(11-12) (2014) 1026-1033, <https://doi.org/10.1002/jrs.4488>.
- 35 Sandu, I.; Murta, E.; Veiga, R.; Muralha, V.; Pereira, M.; Kuckova, S.; Busani, T., 'An innovative, interdisciplinary and multi-technique study of gilding and painting techniques in the decoration of the main altarpiece of Miranda do Douro Cathedral (XVII-XVIIIth centuries, Portugal)', *Microscopy Research and Technique* **76**(7) (2013) 733-743, <https://doi.org/10.1002/jemt.22224>.
- 36 Sandu, I.; Paba, F.; Murta, E.; Pereira, M.; Ribeiro, C., 'Travelling beneath the gold surface – Part I: study and characterization of laboratory reconstructions of Portuguese seventeenth and eighteenth centuries ground and bole layers', *e-conservation journal* **2** (2014) 94-115, <https://doi.org/10.18236/econs2.201413>.
- 37 Bidarra, A.; Coroado, J.; Rocha, F., 'Gold leaf analysis of three baroque altarpieces from Porto', *Archeo Science, Revue d'Archéométrie* **33** (2009) 417-422, <https://doi.org/10.4000/archeosciences.2552>.
- 38 Goldstein, J. I., 'Electron beam – specimen interaction', in *Practical scanning electron microscopy. Electron and ion microprobe analysis*, ed. J. I. Goldstein, & H. Yakowitz, Plenum Press, New York (1975) 49-94, https://doi.org/10.1007/978-1-4613-4422-3_3.
- 39 Bidarra, A.; Coroado, J.; Rocha, F., 'Contributos para o estudo da folha de ouro de retábulos Barrocos por microscopia óptica e electrónica', *Ge-conservação* **1** (2010) 183-191.
- 40 LeGac, A., 'Le retable majeur de la Sé Velha de Coimbra et la polychromie dans le diocèse de Coimbra à l'époque baroque. Aspects techniques et esthétiques', tese de doutoramento, vol. 1, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2009).
- 41 Radtke, M.; Buzanich, G.; Guilherme, A.; Reinholz, U.; Riesemeier, H.; Scharf, O.; Scholz, P.; Guerra M. F., 'Double Dispersive X-Ray Fluorescence (D²XRF) based on an Energy Dispersive pCCD detector for the detection of platinum in gold', *Microchemical Journal* **125** (2016) 56-61, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.10.039>.
- 42 Chadwick, A. V.; Berko, A.; Schofield, E.J.; Jones, A. M.; Mosselmans, J. F. W.; Smith, A. D., 'The application of microfocuss X-ray beams from synchrotrons in Heritage conservation', *International Journal of Architectural Heritage* **6**(2) (2012) 228-258, <https://doi.org/10.1080/15583058.2010.528825>.

Recebido: 2016-12-11

Revisto: 2017-12-23

Aceite: 2018-1-7

Online: 2018-1-19



Licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>

Salvaguarda e preservação do Património Edificado em núcleos urbanos antigos: uma reflexão sobre a reabilitação estrutural de edifícios tradicionais em alvenaria de pedra

José Carlos Domingues¹ , Tiago Miguel Ferreira^{2,*} , João Negrão¹ , Romeu Vicente³ 

¹ Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 3030-790 Coimbra, Portugal

² ISISE – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

³ RISCO – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

*tmferreira@civil.uminho.pt

Resumo

Após anos de falta de manutenção, o elevado nível de degradação a que chegaram grande parte dos núcleos urbanos antigos portugueses representa uma ameaça não só para o parque edificado mas também para todo um património imaterial de relações sociais, hábitos, costumes e tradições. Estas zonas constituem efectivamente um património que interessa proteger e potenciar, tanto por meio da revitalização social como da recuperação e reabilitação do edificado. Partindo desta constatação, pretende-se com este artigo fazer uma reflexão sobre o estado actual dos processos de reabilitação estrutural dos edifícios tradicionais de alvenaria de pedra que compõem os núcleos urbanos antigos, não apenas em Portugal, mas um pouco por toda a Europa mediterrânica. Entende-se que a tecnologia construtiva que os sustenta, diferente da que tem vindo a ser utilizada em décadas mais recentes, requer conhecimentos, abordagens e metodologias específicas, sob pena de, por meio de intervenções pouco informadas, se comprometer a autenticidade histórica e a segurança estrutural deste património.

The safeguarding and preservation of the Built Heritage in old urban centres: a reflection on traditional stone masonry buildings' structural rehabilitation

Abstract

Following years of lack of maintenance, the high levels of degradation reached by a great part of the Portuguese old urban centres pose a threat not only to the building stock but also to an intangible heritage, composed of social relations, habits, customs and traditions. These areas constitute, in fact, an important heritage, that must be protected and enhanced, both through social revitalization and building rehabilitation. Based on this understanding, this article's objective is to reflect on the current state of the structural rehabilitation processes of the traditional stone masonry buildings, which make up the old urban centres, not only in Portugal but throughout Mediterranean Europe. It is understood that their constructive technology, different from the one that has been used in more recent decades, requires specific knowledge, approaches and methodologies, under penalty of compromising the historical authenticity and structural security of this heritage with under informed interventions.

Palavras-chave

Núcleos urbanos antigos
Reabilitação estrutural
Edifícios de alvenaria de pedra
Conservação
Património Edificado

Keywords

Old urban centres
Structural rehabilitation
Stone masonry buildings
Conservation
Built Heritage

ISSN 2182-9942



Introdução

Os núcleos urbanos antigos são o testemunho material da história, desenvolvimento e ocupação de uma cidade, vila ou aglomerado [1]. Apresentando-se como um palimpsesto de várias camadas que constitui um documento histórico, estas zonas vão naturalmente evoluindo, tanto em termos da sua disposição espacial, tipológica e construtiva, como também enquanto espaço de hábitos, costumes, tradições e narrativas, que contribuem em conjunto para a definição do *espírito do lugar*. Estas zonas constituem assim um dos principais testemunhos da riqueza criativa e inventividade do ser humano, desempenhando um importante papel no seu desenvolvimento equilibrado, quer enquanto indivíduo, quer enquanto membro inserido numa comunidade.

A designação de arquitectura *menor*, atribuída por vezes às construções presentes nestas zonas, trás na verdade um preconceito; de facto, esta arquitectura e esta forma de construir são, no âmbito da história da evolução da estrutura urbana, tão ou mais significativas do que o grande edifício, a casa nobre, o palácio ou os edifícios religiosos ou do poder civil, já que para estas construções contribuem geralmente forças exteriores à comunidade e às suas vivências.

A salvaguarda do edificado corrente presente nessas zonas impõe-se assim não apenas pelo valor histórico, artístico ou técnico de toda e cada uma destas construções, mas sobretudo pelo carácter de todo coerente, pela unidade de conjunto que constitui no âmbito da cidade, um princípio expresso em vários documentos internacionais de referência na área da conservação do património, como a *Carta de Cracóvia* [2].

Partindo da realidade do edificado presente nos núcleos urbanos antigos, que não só em Portugal mas por toda a Europa mediterrânica consiste maioritariamente em edifícios de alvenaria de pedra, discute-se neste artigo um conjunto de questões relativas à reabilitação destas construções, com foco na intervenção estrutural enquanto parte geralmente menosprezada de um processo mais abrangente. São referidos os princípios que representam as melhores práticas de intervenção, tal como indicados nos documentos internacionais da área da conservação do património. Salienta-se a necessidade de caracterização mecânica da alvenaria de pedra enquanto passo essencial na definição de estratégias de intervenção conducentes à salvaguarda deste património, edificado e imaterial. Analisa-se ainda o quadro legislativo e normativo em que tem lugar, em Portugal, a intervenção de reabilitação estrutural do edificado em alvenaria de pedra, inferindo-se sobre as principais consequências.

Salvaguarda do Património Edificado dos núcleos urbanos antigos

Desenvolvimento histórico das correntes de intervenção e salvaguarda do edificado: breve síntese a nível europeu

Inerente à existência do edificado está a sua manutenção, de modo a assegurar que as construções resistem aos efeitos do tempo e continuam a desempenhar

satisfatoriamente as funções para que foram inicialmente construídas. Por outro lado, a emergência da noção de Património Arquitectónico e da sua salvaguarda, para lá de meras concepções utilitaristas, apenas teria lugar em séculos mais recentes, continuando até aos dias de hoje.

Assim, se ao longo da Idade Média era comum o desmantelamento de edifícios existentes para reaproveitamento de elementos construtivos (destinados ao embelezamento de construções novas ou existentes), bem como a sua simples destruição para fabrico de cal, o corte cronológico instituído com a afirmação do Renascimento viria impor o distanciamento histórico necessário para que surgisse uma nova concepção do património [3].

Sobretudo por iniciativa do Papado, após o restabelecimento da corte pontifícia em Roma, seriam promovidas várias iniciativas regulamentares com vista à salvaguarda dos testemunhos edificados de épocas anteriores, nomeadamente os provenientes da Antiga Roma. Martinho V instituiria o cargo de *magister viarium*, responsável pela manutenção e reparação de ruas, pontes, muralhas e edifícios [4].

Em Portugal importa salientar o carácter inovador do Alvará Régio de 20 de Agosto de 1721, emitido por D. João V, que impunha a inventariação e conservação dos “monumentos antigos que havia e se podiam descobrir no Reino, dos tempos em que nele dominaram os Fenícios, Gregos, Persas, Romanos, Godos e Arábios”, “até o reinado do Senhor Rei D. Sebastião”, ordenando ainda que “nenhuma pessoa de qualquer estado, qualidade e condição que seja, desfaça ou destrua em todo, nem em parte, qualquer edifício que mostre ser daqueles tempos ainda que em parte esteja arruinado”.

Na sequência da Revolução Francesa de 1789, a reformulação do mapa político europeu e a emergência do estado-nação, aliadas às vontades dos diversos povos de afirmar uma identidade nacional, levariam a um aprofundar da consciência do papel social e cultural dos edifícios monumentais ou de determinados conjuntos edificados. Também a emergência do Romantismo enquanto movimento artístico e filosófico contribuiria para o desenvolvimento das concepções de salvaguarda do Património Cultural, sendo de salientar em Portugal o carácter pioneiro de Alexandre Herculano.

O século XIX seria ainda marcado pelo desenvolvimento de duas correntes antagónicas de intervenção nos edifícios monumentais, que recolheriam simpatizantes por toda a Europa. Por um lado, Viollet-le-Duc, arquitecto responsável pela intervenção em inúmeras cidades e monumentos franceses, defendia a procura de um estado ideal do monumento (que, segundo este arquitecto, poderia mesmo nunca ter existido), recorrendo para tal, se necessário, a reconstruções mais ou menos sustentadas. O arquitecto francês, autor do *Dictionnaire Raisonné de l'Architecture Française du XI^e au XVI^e siècle*, seria criticado pelas intervenções fantasiosas em Pierrefonds, Clermont-Ferrand ou Notre-Dame de Paris. Já John Ruskin, crítico de arte e pensador social inglês, autor de *As Pedras de Veneza* e de *As Sete Lâmpadas da Arquitectura* propunha um anti-interven-

cionismo radical, secundado no carácter sagrado dos edifícios construídos pelas gerações precedentes. Consciente do profundo impacto que a Revolução Industrial tivera na alteração do tecido humano das comunidades, Ruskin via na arquitectura das cidades antigas a única ferramenta capaz de garantir ao Homem o sentido de memória necessário ao seu florescimento. O autor inglês seria ainda pioneiro ao atribuir o papel de monumento histórico aos conjuntos urbanos, militando pela sua preservação.

Estas duas correntes desempenhariam um papel seminal no amadurecimento teórico e metodológico das concepções de intervenção no património.

Portugal não seria excepção às profundas alterações sociais que se manifestavam por toda a Europa ao longo da centúria de Oitocentos, e ao seu impacto no património. Com a abolição das ordens religiosas em 1834 e a conseqüente venda dos seus bens em hasta pública, a extinção do instituto vincular (morgado) em 1863, e o fim dos títulos nobiliárquicos em conseqüência da implantação da República em 1910, inúmeros edifícios,

correntes ou religiosos, foram abandonados, remetidos à degradação, liquidados (por vezes em fracções) ou destinados a usos que desvirtuavam o seu carácter original (quando não mesmo desmantelados ou demolidos).

A salvaguarda do Património Edificado restringia-se ainda a determinados edifícios monumentais; a cidade não constituía, senão de forma excepcional, um objecto patrimonial reconhecido enquanto tal. Por outro lado, as intervenções higienistas popularizadas na segunda metade do século XIX, como a dirigida por Haussmann em Paris, eram levadas a cabo sem respeito pelo tecido histórico consolidado, entendido como um obstáculo à modernização das cidades e melhoria das condições de habitabilidade. Ao mesmo tempo, o Modernismo, movimento a-histórico, pretendia planear uma cidade funcional, recorrendo para tal, se necessário, à destruição do tecido histórico consolidado. Um dos exemplos paradigmáticos desta visão é o denominado Plano Voisin, de Le Corbusier, para a cidade de Paris, que pretendia erguer no centro da cidade um conjunto de torres de escritórios.

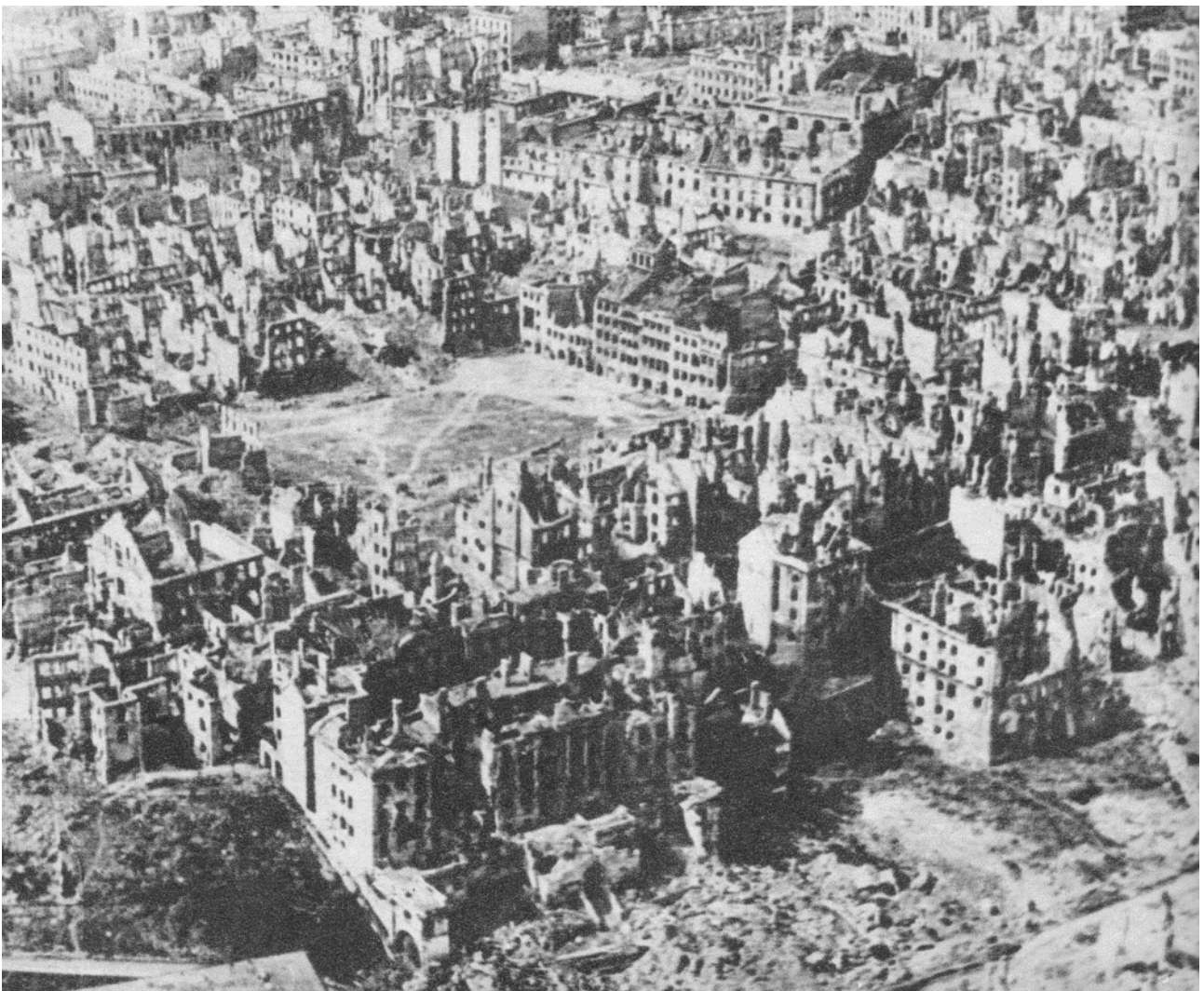


Figura 1. Centro urbano antigo de Varsóvia destruído na 2.^a Guerra Mundial. Fotografia de M. Swierczynski, 1945.

A salvaguarda do Património Edificado dos núcleos urbanos antigos ao longo da segunda metade do século XX

As extensas necessidades de reconstrução em várias cidades europeias (como Varsóvia, Dresden, Berlim, Munique, Londres ou Saint-Malo) em resultado da II Guerra Mundial (Figura 1) vieram levantar e trouxeram ao debate várias perspectivas, por vezes antagónicas, sobre as abordagens a seguir. Na verdade, se a recusa dos restauros estilísticos indicada na *Carta de Atenas*, datada de 1931 [5], recolhia um consenso genérico, a escala da destruição material e civilizacional fazia reequacionar vários dos pressupostos da conservação do edificado anteriormente aceites, que pareciam não se adequar a esta realidade.

Em alguns casos, os edifícios foram reconstruídos de acordo com a aparência original, ou com pequenas alterações. Outros casos houve, em que se recorreu à introdução de novos materiais e ao uso da arquitectura moderna em zonas históricas consolidadas [4].

Também durante este período, o surgimento de novos padrões de conforto e formas de habitar, que não se coadunavam com o edificado existente nem com a estrutura urbana destes núcleos históricos, levaram à desocupação progressiva destas zonas. Muitos edifícios foram assim abandonados, ficando, em consequência, mais expostos a um conjunto alargado de agentes de degradação (de origem natural e humana). Por outro lado, os habitantes que permaneciam constituíam geralmente as camadas economicamente mais desfavorecidas, e,

por isso, menos propensas a realizarem as necessárias operações de manutenção e conservação. Em consequência desta realidade, verificou-se uma tendência crescente de carência de manutenção, quer no parque construído habitado, quer no não habitado.

No caso português, não afectado pela guerra que assolou a Europa entre 1939 e 1945, importa referir o desenvolvimento de intervenções ditadas pelo regime do Estado Novo, que conduziram, em alguns casos, ao completo redesenho da estrutura urbana (Figura 2), e o congelamento das rendas durante grande parte do século XX, situação que levou à diminuição gradual da capacidade e do estímulo à realização, por parte dos proprietários, de obras de conservação e manutenção do edificado. Também as facilidades de acesso ao crédito à habitação, que impulsionariam o segmento da construção nova nos últimos anos do século XX (geralmente na periferia das áreas urbanas consolidadas), contribuiriam para a crescente desertificação dos núcleos urbanos antigos.

Foi neste contexto de vazio de uma abordagem uniformizada à conservação do Património Arquitectónico e de progressivo abandono dos núcleos urbanos antigos que, em 1964, teve lugar em Veneza o 2.º Congresso Internacional dos Arquitectos e Técnicos dos Monumentos Históricos, que culminaria na aprovação da *Carta Internacional de Conservação e Restauro dos Monumentos e Sítios* [6]. Este documento, que ficaria conhecido como *Carta de Veneza*, não fazia qualquer referência à conservação de zonas urbanas, para além de servirem enquanto enquadramento para os edifícios monumentais. A necessidade de



Figura 2. Demolição do Largo do Castelo, actual Praça D. Dinis, Coimbra.

salvaguardar estas zonas antigas foi, no entanto, um dos temas salientados no Congresso, sendo incluída, enquanto objectivo, na sua 8.ª Resolução.

Ao longo da década de 70, a salvaguarda das zonas históricas recolheria cada vez mais atenção, com a publicação de um conjunto de documentos que tratavam esta temática, como a *Resolução do Simpósio sobre a Introdução da Arquitectura Contemporânea em Grupos Antigos de Edifícios* [7], as *Resoluções de Bruges – Princípios da Reabilitação de Cidades Históricas* [8], ou as *Resoluções do Simpósio Internacional sobre a Conservação de Cidades Históricas Pequenas* [9]. Nestes documentos eram abordadas questões como a introdução harmoniosa da arquitectura contemporânea em zonas antigas, a necessidade de proteger os direitos dos moradores mais desfavorecidos, a necessidade de enquadrar a conservação das zonas e cidades antigas no âmbito do planeamento regional e urbano, ou de adaptar os núcleos antigos às necessidades da vida contemporânea.

No âmbito do Ano Europeu do Património Arquitectónico, a *Carta Europeia do Património Arquitectónico* [10], adoptada pelo Conselho da Europa em Setembro de 1975, e a *Declaração de Amesterdão* [11], publicada em Outubro do mesmo ano, assinalam o fim do vínculo exclusivo do entendimento de património à ideia de bem monumental. A partir daí, também a arquitectura *corrente* dos centros urbanos passa a ser entendida como elemento de valor patrimonial.

A *Carta Europeia do Património Arquitectónico* [10] chama ainda a atenção para os perigos que as tecnologias modernas, se mal aplicadas, podem comportar para as estruturas antigas, bem como para a importância da disseminação do conhecimento relativo à intervenção em construções antigas e da preservação e salvaguarda do conhecimento de artistas e artesãos versados nas práticas tradicionais. É também salientada a necessidade da integração da conservação arquitectónica no âmbito mais alargado do planeamento urbano, consubstanciada na noção de Conservação Integrada. Essa carta e a *Declaração de Amesterdão* constituem ainda a primeira tentativa de desenvolver a conservação do património num alinhamento de desenvolvimento sustentável, reduzindo o desperdício e combatendo o *sprawl* urbano. Nestes documentos, era também perceptível a necessidade de adaptar os edifícios históricos de modo a que desempenhassem funções capazes de responder às necessidades contemporâneas. Este conceito de adaptar o edificado existente aos novos usos e necessidades, dando um papel contemporâneo aos edifícios e às cidades históricas, viria a servir de base, no ano seguinte, para um outro texto normativo, da responsabilidade da UNESCO, as *Recomendações Acerca da Salvaguarda e Papel Contemporâneo das Zonas Históricas* [12].

Em todos estes documentos encontrava-se bem patente a importância das dimensões humanas na definição da natureza específica das denominadas áreas históricas, bem como a necessidade de se estabelecer um compromisso entre as várias exigências aplicáveis à

intervenção no edificado, por vezes conflitantes, como segurança estrutural, autenticidade histórica ou garantia de condições de conforto. O reconhecimento do papel destas zonas enquanto testemunho da especificidade de cada comunidade era cada vez mais evidente, situação que era particularmente relevante face à universalização das técnicas construtivas e das formas arquitectónicas, que poderiam levar a uma homogeneização do ambiente construído e, em consequência, ao empobrecimento das experiências sociais e culturais. Emergia ainda a preocupação com as alterações no tecido social destas zonas, que deveriam ser evitadas, e a percepção da necessidade de acompanhar as acções de intervenção construtiva com iniciativas de revitalização social.

As especificidades da salvaguarda e gestão de cidades e áreas urbanas históricas, entendidas para além do mero edificado, levariam à necessidade de alargar os princípios e metodologias definidos na *Carta de Veneza*. Em 1987 foi aprovada a *Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas* [13], mais conhecida por *Carta de Washington*.

A *Recomendação para a Salvaguarda da Cultura Tradicional e Popular* [14], emitida pela UNESCO em 1989, assinalaria o ponto de partida para o reconhecimento da necessidade de salvaguardar não apenas os bens monumentais, os conjuntos urbanos de valor patrimonial, as paisagens e as obras de arte, mas também as dimensões imateriais do património, constituídas pelas crenças, língua, costumes, formas de expressão, saberes e modos de fazer, o que viria a ficar definitivamente estabelecido na *Convenção para a Salvaguarda do Património Cultural Imaterial* [15], de 2003, que define no seu Artigo 2.º “património cultural imaterial” como:

as práticas, representações, expressões, conhecimentos e aptidões – bem como os instrumentos, objectos, artefactos e espaços culturais que lhes estão associados – que as comunidades, os grupos e, sendo o caso, os indivíduos reconheçam como fazendo parte integrante do seu património cultural. Esse património cultural imaterial, transmitido de geração em geração, é constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função do seu meio, da sua interacção com a natureza e da sua história, inculcando-lhes um sentimento de identidade e de continuidade, contribuindo, desse modo, para a promoção do respeito pela diversidade cultural e pela criatividade humana.

O parque edificado antigo português

País de fortes assimetrias climáticas e geográficas, Portugal apresenta um reportório arquitectónico e construtivo rico e variado. O zonamento construtivo do território continental tem permitido constatar a existência do que se pode designar, no que respeita aos elementos resistentes verticais, uma *cultura da pedra*, no Norte, e uma *cultura da terra*, a Sul, distinção cardeal que alguns autores fazem de modo simplificado através de uma linha imaginária que une Leiria a Castelo

Branco [16]. Para além dos materiais predominantes, também o desenvolvimento em altura e a correspondente distribuição funcional ajudam a estabelecer um esquema conceptual de tipificação da arquitectura corrente, válido pelo menos em meio rural. Assim, se no Norte predominam as construções de dois pisos, com o superior destinado a habitação, sendo o granito e o xisto os tipos de pedra mais frequentes, geralmente à vista, mais a Sul, a escassez de pedra e a boa qualidade da terra desta zona conduziram à proliferação de construções em adobe e taipa, não associadas a grandes desenvolvimentos em altura, e geralmente caiadas de branco.

Esta tipificação de carácter geral não deverá fazer esquecer uma característica singular da arquitectura corrente em meio urbano, derivada do carácter evolutivo dos núcleos habitacionais, que é a existência de estratificações, sobreposições, reaproveitamentos e acrescentos. Esta evolução, muitas vezes diacrónica, tanto em altura como em planta, contribui decisivamente para a elevada complexidade tipológica e estrutural das construções presentes nestas zonas, traduzida frequentemente pela partilha de paredes resistentes, o que dificulta grandemente o trabalho de caracterização geométrica e mecânica destes edifícios, e, em consequência, a definição de soluções de intervenção [1].

Relativamente ao material pétreo empregue, e como aproximação genérica, é possível constatar, no território continental, a predominância de granitos em Trás-os-Montes, nas Beiras, e no Minho e Douro Litoral; dos xistos na região do Douro e em algumas zonas das Beiras e do Algarve; e dos calcários e mármore na zona de Lisboa, Algarve, Beira Litoral e parte do Alentejo. A pedra constitui assim um material omnipresente na construção tradicional portuguesa, mesmo em zonas mais conhecidas pela construção em terra. Nos arquipélagos dos Açores e Madeira verifica-se a predominância de rochas vulcânicas, nomeadamente basalto e tufo.

Os edifícios que compõem os núcleos urbanos antigos portugueses possuem, tradicionalmente, uma estrutura constituída por fundações (na maior parte dos casos, directas), paredes resistentes exteriores (nos edifícios com maior área de implantação, também interiores), simples prolongamento das primeiras, e pavimentos, coberturas, tectos e escadas, normalmente de madeira [17]. Segundo Appleton [18], consideram-se como paredes resistentes aquelas que, devido às suas características geométricas e mecânicas, contribuem de forma decisiva para a estabilidade do edifício, quando sujeito quer à acção das forças verticais quer à actuação de forças horizontais de natureza aleatória, nomeadamente vento e sismos.

Uma parte considerável do edificado presente nestas zonas consiste em estruturas de alvenaria de pedra, *i.e.*, construções em que as paredes resistentes (e por vezes também as divisórias) são construídas com recurso a esta solução compósita. Derivado do árabe (*al-bannā* = pedreiro), o termo *alvenaria* designa uma associação de elementos resistentes, como pedras, blocos, tijolos, etc., que poderão ou não ser ligados por uma argamassa de as-

sentamento. A expressão *alvenaria de pedra* refere-se assim ao material resultante da associação de um conjunto de pedras, de forma mais ou menos regular, designando na prática corrente o caso particular em que os elementos pétreos são aplicados com recurso a uma argamassa. À excepção da construção Pombalina, em que a madeira constitui, no interior da alvenaria, um reticulado tridimensional que confere maior ductilidade à parede, não é comum a presença da madeira em elementos resistentes verticais, sendo no entanto de salientar a construção avieira, característica da zona centro do litoral português.

Apesar da heterogeneidade geográfica das alvenarias, resultante, entre outros factores, da disponibilidade do material (não só da pedra mas também do material empregue para o seu assentamento, que pode até estar ausente) e da tecnologia construtiva local [19], as paredes resistentes apresentam um conjunto de características comuns, das quais importa referir a sua elevada espessura, que pode em alguns casos ser superior a 1,50 m. Esta dimensão permite assim, por via do elevado peso próprio, mobilizar momentos estabilizadores que equilibram as forças verticais excêntricas e as forças horizontais derrubadoras e deslizantes, resultantes por exemplo da acção de pavimentos, de impulsos de terra ou até de impulsos horizontais de arcos e abóbadas. Esta elevada espessura permite ainda minorar o risco de instabilidade por encurvadura e, no caso de paredes exteriores, fazer face aos requisitos de isolamento acústico, estanquidade à água e conforto térmico (isolamento térmico na estação de arrefecimento e inércia térmica na estação de aquecimento) que aquelas devem satisfazer [20].

Sendo constituída pela associação de diferentes materiais, dispostos e interligados com diferentes níveis de continuidade, e por vezes de geometria desconhecida, a alvenaria de pedra apresenta um comportamento mecânico cuja caracterização se reveste de particulares dificuldades. De facto, este material não cumpre qualquer das hipóteses normalmente assumidas, na análise estrutural – homogeneidade, isotropia, propriedades mecânicas uniformes, etc. –, para outros materiais de construção, como o betão e o aço [21-22]. A intervenção sobre estas estruturas requer, portanto, um enquadramento metodológico distinto daquele aplicado ao dimensionamento de estruturas novas.

Princípios de intervenção no edificado antigo

Utilização e adaptação

Um passo essencial para a preservação do edificado presente nos núcleos urbanos antigos consiste na sua adaptação às necessidades da vida contemporânea. Esta adaptação – prevista em vários textos internacionais no âmbito da conservação, como a *Carta de Atenas* [5] e a *Carta de Veneza* [6], direccionadas para o edificado monumental, ou as *Resoluções de Bruges* –

Princípios da Reabilitação de Cidades Históricas [8], as *Recomendações Acerca da Salvaguarda e Papel Contemporâneo das Zonas Históricas* [12], e a *Carta do Património Vernacular Construído* [23] – deverá ser feita sem destruir a estrutura e autenticidade da construção, sendo desejável que os novos usos sejam compatíveis com os originais [24].

A importância das técnicas construtivas tradicionais

Para além do seu valor artístico ou histórico, também a técnica construtiva utilizada contribui para o valor intrínseco da construção [25-26]; a remoção da estrutura interior e manutenção da fachada constitui assim um procedimento incompatível com os critérios de conservação. São por isso de privilegiar, quando possível, intervenções integradas nas quais o funcionamento estrutural dos elementos resistentes é preservado.

A escolha entre técnicas tradicionais e inovadoras deverá ser ponderada caso a caso, sendo que deve ser dada preferência às técnicas menos invasivas e mais consonantes com a preservação do valor patrimonial, tendo em consideração as exigências de segurança e durabilidade [26]. Importa, especialmente, evitar incompatibilidades físicas, químicas e mecânicas provocadas pela incorrecta escolha ou detalhe da solução de reforço.

Por outro lado, muitos dos conhecimentos práticos tradicionais necessários à intervenção no edificado antigo das nossas cidades encontram-se em risco de desaparecimento; além do seu desaparecimento do seio da comunidade técnica (junto de arquitectos e engenheiros), nas últimas décadas vocacionada sobretudo para a construção em betão armado ou aço, verifica-se também o desaparecimento da própria mão-de-obra, os operários e mestres pedreiros e carpinteiros versados nas práticas tradicionais. A salvaguarda deste *saber-fazer*, através do inventário e recuperação dos saberes e das técnicas tradicionais, bem como da promoção de formações especializadas nos processos tradicionais de construção, reconhecendo a sua importância no património cultural nacional, é, pois, um passo para intervenções mais informadas e respeitadoras. A nível nacional, além de formações especializadas ministradas por algumas universidades e institutos politécnicos, bem como por entidades públicas e privadas, vão tendo lugar iniciativas inovadoras de formação, por vezes ancoradas em projectos de revitalização de núcleos urbanos antigos ou conjuntos patrimoniais edificados. Entende-se que tais iniciativas deverão ser potenciadas, não só de modo a disseminar o conhecimento e boas-práticas relativas à intervenção no edificado, mas também porque a recuperação desta indústria pode funcionar como motor de desenvolvimento local e regional.

O uso de técnicas tradicionais serve ainda outro propósito, a salvaguarda de um importante conjunto de saberes e práticas, transmitidos ao longo de gerações, e que constituem também, tanto na dimensão material como intangível (costumes, relações sociais, formas

de expressão, modos de transmissão de conhecimento, saberes e modos de fazer), um património que importa preservar.

Caracterização material e mecânica das paredes de alvenaria

No âmbito do princípio da mínima intervenção, de modo a salvaguardar a autenticidade histórica e material da construção, nenhuma acção deverá ser empreendida sem se demonstrar que é indispensável. Para isto, é necessário um conhecimento aprofundado das características estruturais e materiais da construção a tratar, das técnicas e tecnologias construtivas presentes, das alterações que sofreu ao longo dos tempos, bem como do seu estado actual [26]. Do ponto de vista da análise estrutural, as hipóteses assumidas nos modelos de cálculo, em termos de propriedades resistentes e leis constitutivas, deverão replicar o mais fidedignamente possível as características dos materiais, sob pena de se assumirem pressupostos irrealistas que resultem quer em falta de segurança (se a capacidade resistente for sobrestimada), quer em intervenções desnecessárias, antieconómicas ou excessivamente intrusivas (se a capacidade resistente for subestimada). No caso de edifícios de alvenaria de pedra esta necessidade é ainda mais premente, uma vez que estas construções apresentam um funcionamento estrutural bastante diferente dos edifícios mais recentes, geralmente construídos com base em estruturas reticuladas de betão armado, além de apresentarem elevada variabilidade tipológica e mecânica, função da tradição construtiva local. Além disso, os edifícios que constituem os núcleos urbanos antigos apresentam geralmente continuidade estrutural em relação aos adjacentes, formando um sistema construtivo contínuo, delimitado por espaço público e/ou privado não construído. Uma consequência deste facto é que uma análise realista da segurança estrutural e da vulnerabilidade sísmica do edificado presente nos núcleos urbanos antigos deverá ter em conta não apenas os edifícios singulares de forma isolada, mas também o comportamento estrutural do conjunto [27]. De facto, em certas situações, edifícios que, isoladamente, seriam potencialmente muito vulneráveis apresentam, pelo facto de estarem inseridos num agregado, uma resposta sísmica satisfatória [28], como se verificou, por exemplo, na sequência sísmica que atingiu o arquipélago dos Açores em 1998. Além disso, algumas tendências verificadas relativas ao comportamento destes edifícios derivam especificamente da posição que ocupam dentro do agregado [19]; uma análise dos edifícios danificados em consequência do sismo que atingiu a região italiana de Umbria-Marche em 1997 permitiu constatar que os edifícios situados nos extremos dos agregados, encontrando menos restrições, são mais severamente danificados em decorrência de solicitação sísmica, e que os colapsos mais severos nos edifícios interiores têm lugar em edifícios não reparados adjacentes a edifícios previamente intervencionados.

O conhecimento acerca das propriedades mecânicas da alvenaria de pedra, bem como da sua construção, permite ainda documentar um testemunho histórico da inventividade e do génio do ser humano, bem como potenciar a continuidade de práticas tradicionais.

A adequada caracterização material e mecânica das paredes de alvenaria de pedra constitui assim um passo essencial na definição de estratégias de intervenção conducentes à salvaguarda do edificado presente nos núcleos urbanos antigos, em que as estruturas de alvenaria de pedra constituem a maioria ou globalidade dos elementos verticais de suporte. No entanto, a escassez de dados acerca do comportamento mecânico da alvenaria de pedra é uma questão com a qual os projectistas geralmente se deparam quando lidam com intervenções em construções antigas, pondo em risco, com intervenções pouco informadas, quer a autenticidade histórica, quer a própria segurança do edificado. De facto, ao reduzido número de programas experimentais desenvolvidos que abordem especificamente a caracterização do comportamento mecânico da alvenaria de pedra [29], acresce também a elevada dispersão e a reduzida fiabilidade estatística dos resultados obtidos, bem como a dificuldade em extrapolar resultados obtidos com base em tipologias específicas, muitas vezes geograficamente localizadas. No caso de edifícios inseridos em conjuntos urbanos de valor patrimonial, a realização de ensaios destrutivos é normalmente desaconselhável, impondo-se a realização de procedimentos semi-ou não-destrutivos que permitam obter, com o mínimo de dano possível, os dados a utilizar nos modelos de análise estrutural para aferição da segurança.

Quando não é possível, por razões de ordem técnica, logística ou económica, realizar ensaios *in situ* que permitam obter valores das propriedades mecânicas específicos dos elementos estruturais em causa, existem já algumas expressões na bibliografia que podem ser utilizadas na estimativa da resistência de paredes de alvenaria, face a diversos tipos de solicitações, ou das suas propriedades de deformabilidade. No caso de construções antigas de pedra, estas deverão, no entanto, ser encaradas com reserva, uma vez que podem fornecer valores que sobrestimem grandemente a capacidade resistente da estrutura [17, 30]. Também a consulta de tabelas que apresentam valores de propriedades mecânicas para determinadas tipologias de alvenarias, disponíveis na literatura técnica, deverá ser alvo de precauções, tendo em conta as realidades construtivas para as quais as mesmas foram determinadas.

Enquadramento legislativo e normativo da intervenção estrutural em construções existentes

Quadro legislativo

A realização de acrescentos, expansões e renovações é uma característica inerente às construções existentes

(e conseqüentemente das zonas em que se encontram inseridas); estas intervenções fazem parte da identidade da construção, contribuindo até, em alguns casos, para a sua riqueza patrimonial. Paralelamente, estas alterações não têm de acarretar necessariamente uma diminuição da segurança estrutural do edifício, desde que as intervenções sejam levadas a cabo respeitando a técnica e regras de construção originais, *i.e.*, com recurso a soluções compatíveis com o existente [27].

Verifica-se no entanto que em intervenções no edificado antigo, a avaliação das condições de segurança estrutural é frequentemente esquecida ou menorizada [28]. Nem mesmo ao nível de estratégias nacionais de reabilitação do edificado urbano a segurança estrutural tem recebido a devida atenção [31], ao contrário do que se verifica, por exemplo, com outras exigências como os requisitos de estanquidade ou eficiência energética. Uma análise sucinta mas suficientemente abrangente dos documentos legislativos mais importantes para o segmento da reabilitação permite retirar algumas ilações.

O Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de Outubro, que veio estabelecer o *Regime Jurídico da Reabilitação Urbana*, refere, no seu artigo 51.º, que as obras de reabilitação “observem as opções de construção adequadas à segurança estrutural e sísmica” dos edifícios intervencionados [32].

Em 2010, a Resolução da Assembleia da República n.º 102/2010, *Adopção de Medidas para Reduzir os Riscos Sísmicos*, recomendava ao Governo que assegurasse a obrigatoriedade de segurança estrutural anti-sísmica nos programas de reabilitação urbana, existentes ou a criar [33].

Ao mesmo tempo, o *Regime Jurídico da Urbanização e Edificação*, consubstanciado no Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro [34], com redacção dada actualmente pelo Decreto-Lei n.º 214-G/2015, de 2 de Outubro [35], isenta de controlo prévio “as obras de alteração no interior de edifícios ou suas fracções que não impliquem modificações na estrutura de estabilidade”, com excepção de “*as obras de conservação, reconstrução, ampliação, alteração ou demolição de imóveis classificados ou em vias de classificação, bem como de imóveis integrados em conjuntos ou sítios classificados ou em vias de classificação, e as obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração exterior ou demolição de imóveis situados em zonas de protecção de imóveis classificados ou em vias de classificação*”, que sujeita a licença administrativa. A lei é, no entanto, omissa quanto à forma como se avaliam as implicações das obras em termos de alteração estrutural, criando um vazio legal que possibilita que esta decisão possa ser tomada com base em análises simplistas e pouco informadas. Conclui-se ainda que apenas uma parte diminuta do parque edificado português (que não inclui a totalidade dos edifícios a que pode ser reconhecido valor patrimonial) se encontra sujeita a algum mecanismo de controlo prévio, podendo eventuais intervenções incidir sobre os elementos resistentes verticais (como a remoção de pilares, arcos e nembos

em alvenaria, para a criação de espaços comerciais amplos, ou o seu corte parcial para execução de diversas instalações, como o abastecimento de água, esgotos, rede eléctrica e gás), sem que seja levada a cabo uma avaliação das suas implicações para a segurança estrutural e sísmica do edifício.

Ainda como exemplo claro da subvalorização da segurança estrutural no âmbito de intervenções de reabilitação, pode ser referido o *Regime Excepcional de Reabilitação de Edifícios e Frações*, instituído pelo Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril [36], e posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de Setembro [37]. Aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações cuja construção tenha sido concluída até 9 de Abril de 1984 ou estejam localizados em áreas de reabilitação urbana, e que se destinem a ser total ou predominantemente afectos a uso habitacional, este diploma dispensa estas intervenções do cumprimento de um conjunto de requisitos técnicos; no que respeita às exigências estruturais, o artigo 9.º deste diploma, o único que aborda as questões de segurança estrutural, refere apenas que “as intervenções em edifícios existentes não podem diminuir as condições de segurança e de salubridade da edificação nem a segurança estrutural e sísmica do edifício”. Iniciado em 2014, este regime excepcional tem uma duração de 7 anos, um período que se afigura demasiado longo para a prevalência de um diploma que legitima a colocação no mercado (muitas vezes com vários incentivos fiscais e financeiros) de edifícios de reconhecida vulnerabilidade sem que seja efectuada uma avaliação apurada da segurança estrutural, além de tornar mais difícil (por relutância dos proprietários) a realização posterior de uma campanha de intervenções mais informada.

Além da ausência de exposição recente à acção devastadora de um evento sísmico de moderada ou alta intensidade [38], o escasso conhecimento do comportamento destes edifícios, devido à sua complexidade geométrica, heterogeneidade e variabilidade dos materiais utilizados, e a ausência de disposições legais que regulem, do ponto de vista técnico, a intervenção no edificado antigo, são também factores que ajudam a explicar esta quase total ausência de preocupação com as questões da segurança estrutural e da vulnerabilidade sísmica.

Por outro lado, o enorme corpo legislativo que regula a actividade da construção, além de disperso por inúmeros documentos, encontra-se desajustado das especificidades técnicas do segmento da reabilitação, por ter sido criado numa altura em que predominava a construção nova, geralmente à base de soluções em betão armado ou, em menor quantidade, aço estrutural.

Além disso, verifica-se frequentemente um desajuste (ou mesmo ausência) dos critérios relativos às qualificações a exigir a projectistas e outros técnicos com funções em obras de reabilitação, geralmente estabelecidos através de níveis de qualificação ou anos de experiência, de forma genérica, *i.e.*, sem ter em conta a especificidade

da intervenção estrutural no edificado antigo. Nem mesmo no caso das intervenções em edifícios classificados ou em vias de classificação esta questão é adequadamente prevista; de facto, o Decreto-Lei n.º 140/2009, de 15 de Junho [39], que estabelece o regime jurídico dos estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre estas construções, é omissivo relativamente às qualificações a exigir aos técnicos responsáveis por estes procedimentos (com excepção do autor do relatório prévio, situação abordada de forma vaga).

Também o regime de acesso e permanência na actividade de construção, presentemente vertido na Lei n.º 41/2015, de 3 de Junho [40], se encontra desajustado da complexidade técnica e científica do segmento da reabilitação, já que isenta do requisito de demonstração de capacidade técnica os empreiteiros de obras particulares. Este desajuste é ainda agravado tendo em consideração o facto de predominar em Portugal, no sector da construção, mão-de-obra de reduzidos níveis de escolaridade, geralmente pouco sensível à necessidade de formação, o que é tanto mais relevante quando o mercado da construção se tende a redireccionar para este segmento, depois da estagnação da construção nova.

Constata-se assim que a complexidade técnica das intervenções no edificado antigo, e em particular as de reabilitação estrutural, não se encontra adequadamente reflectida nos documentos legislativos. Reconhecendo-se a necessidade de prever enquadramentos legislativos mais favoráveis, tanto do ponto de vista económico como burocrático, às iniciativas de intervenção sobre o edificado antigo, de modo a incentivar a iniciativa privada, salienta-se que os mesmos não deverão colocar em causa a segurança de pessoas e bens.

Documentos normativos

Em Portugal, a ausência de documentos normativos tem sido um obstáculo a que as intervenções em estruturas de alvenaria e madeira, que constituem grande parte das estruturas resistentes do edificado presente nos núcleos urbanos antigos do nosso país, sejam levadas a cabo com confiança pelos projectistas encarregues dos projectos de reabilitação do edificado.

Foram já referidas as dificuldades de caracterização mecânica das alvenarias de pedra. No caso das estruturas de madeira, é de salientar a permanência de um conjunto de mitos infundados relativos à sua durabilidade e qualidades mecânicas, que fazem reacear (por construtores e donos de obra) a manutenção destes elementos, independentemente das suas efectivas propriedades [41]. Este desconhecimento tem assim feito proliferar intervenções intrusivas, muitas vezes com recurso à introdução de estruturas independentes de betão armado, conduzindo não só à adulteração patrimonial de uma parte importante do nosso parque edificado mas assumindo-se também, frequentemente, como fontes acrescidas de anomalias e vulnerabilidades, nomeadamente em caso de evento sísmico. A substituição de pavimentos de madeira

por lajes de betão armado, em especial, tida – tanto por donos de obra como por empreiteiros e projectistas – como solução de qualidade indiscutível, provoca na maioria das vezes um agravamento das condições de segurança estrutural e sísmica do edifício, pelo acréscimo de massa e rigidez que comporta.

A dificuldade de consciencializar tanto técnicos como proprietários para a necessidade de realização de intervenções de reabilitação estrutural apresenta-se também como um dos principais entraves à salvaguarda do parque edificado. Em particular, a prevalência das obras da envolvente (isolamento térmico, revestimento de fachadas, substituição de caixilharia, intervenção em coberturas) em detrimento das de reabilitação ou reforço estrutural constitui uma questão que importa salientar. Estas alterações, muitas vezes meramente cosméticas, conduzem a uma falsa sensação de segurança, levando ao aumento do risco para pessoas e bens. Sendo reconhecida a importância da eficiência energética do parque edificado para o desenvolvimento sustentável, e a importância que as coberturas assumem na manutenção das condições de segurança e salubridade, é convicção dos autores que a intervenção estrutural não recolhe ainda, na sociedade portuguesa, e no âmbito da reabilitação do edificado antigo, a atenção que as consequências negativas derivadas de más-práticas deveriam merecer.

A entrada em vigor da Parte 3 do *Eurocódigo 8* [42], que versa especificamente sobre a avaliação e o reforço de edifícios existentes, constituirá um primeiro passo para que técnicos e projectistas disponham de informação mais detalhada relativa ao comportamento destas estruturas, bem como das intervenções mais adequadas.

Impõem-se, no entanto, algumas considerações acerca da aplicabilidade deste documento a estruturas antigas de alvenaria de pedra, particularmente aquelas inseridas em edifícios de valor patrimonial. De facto, se bem que reconheça, na alínea (5) do parágrafo 1.1, a necessidade de abordagens específicas para os edifícios de valor patrimonial, distintas das aplicáveis aos edifícios correntes, a Parte 3 do *Eurocódigo 8* é omissa relativamente a prescrições desse tipo. É igualmente omissa relativamente à qualidade da alvenaria, factor de extrema importância para a avaliação do seu comportamento. Um outro factor não abordado por esta norma diz respeito à existência de continuidade estrutural entre as construções presentes nos centros urbanos antigos, e às implicações para o comportamento mecânico das construções [43].

Relativamente ao *Eurocódigo 6*, em especial a sua Parte 1-1 [44], que aborda o dimensionamento de estruturas de alvenaria resistente, são de salientar as prescrições que dizem respeito à definição de leis constitutivas e propriedades mecânicas de paredes de alvenaria. A aplicação desta norma a construções antigas de alvenaria de pedra encontra, no entanto, várias restrições, sendo a exigência de uma distribuição regular dos elementos que constituem a parede o maior entrave. Também a obrigatoriedade da existência de argamassa condiciona a aplicação deste documento, já que não é

rara a existência de paredes de alvenaria de pedra de junta seca. Por outro lado, os elementos resistentes geralmente encontrados nas construções antigas (pedras de forma mais ou menos irregular) não se enquadram em qualquer dos tipos de unidades de alvenaria considerados nesta norma.

Destas considerações resulta a necessidade do desenvolvimento ou aprofundamento de documentos normativos que abordem explicitamente o comportamento estrutural de edifícios antigos de alvenaria de pedra, com foco nas construções de valor patrimonial.

Considerações finais

Entendidos tanto no seu plano edificado como no imaterial, os núcleos urbanos antigos representam um importante património das sociedades actuais, que interessa salvaguardar e potenciar, tanto por meio de recuperação e reabilitação do edificado como de iniciativas de revitalização social.

Um passo essencial para a preservação do edificado presente nestas zonas consiste na sua adaptação às necessidades da vida contemporânea; esta deverá ser feita sem destruir a autenticidade das construções, sendo desejável que os novos usos que se lhes atribuem sejam compatíveis com os originais [24]. Também as intervenções necessárias à garantia dos modernos padrões de conforto e salubridade deverão ser abordadas com cautela, evitando a remoção de elementos estruturais.

A par do seu valor histórico e artístico, a tecnologia construtiva contribui igualmente para o valor patrimonial destas construções, devendo por isso, e sempre que possível, ser preservada. Esta manutenção justifica-se igualmente, e sobremaneira, por questões de segurança estrutural, já que as alterações de massa e rigidez causadas pela introdução de distintas tecnologias se afiguram como fonte de vulnerabilidades, especialmente em caso de acção sísmica.

No âmbito das intervenções no edificado existente, tem-se verificado que a avaliação das condições de segurança estrutural é frequentemente esquecida ou minorizada [28]. Para além de um enquadramento legislativo que permite que técnicos não especializados nesta área assumam a execução de projectos de reabilitação estrutural, e de medidas extraordinárias que aligeiram grandemente as exigências de segurança estrutural a garantir nos edifícios intervencionados, alerta-se para a relutância dos proprietários em empreender obras que vão para além das de envolvente. Numa altura em que se apresenta como evidente o redireccionamento do sector da construção para o segmento da reabilitação – redireccionamento esse que tenderá a aumentar –, e tendo em conta não só o estado de degradação de grande parte do parque edificado dos núcleos urbanos antigos, como também a perigosidade sísmica do território português, e o crescimento do mercado do turismo, urge, mais que nunca, assegurar que estas intervenções são levadas a

cabo da forma mais rigorosa possível, tanto no âmbito do projecto, como da execução e da fiscalização, fazendo uso do conhecimento especializado disponível.

A requalificação do parque edificado passa por intervenções de reabilitação estrutural, garantia de condições de eficiência energética, conforto higrotérmico e acústico, estanquidade e salubridade, entre outros, sendo que a previsão de iniciativas integradas permitirá otimizar resultados, diminuir a intrusividade e reduzir prazos.

Também a formação especializada de técnicos no domínio das construções antigas, conjugada com a vontade política [45] e a sensibilização da sociedade para a importância da conservação do parque edificado, bem como da garantia da sua segurança estrutural e sísmica, serão mais valias na salvaguarda da vida humana e na preservação de um património de reconhecida importância na sociedade contemporânea.

ORCID

José Carlos Domingues

 <https://orcid.org/0000-0002-7934-3756>

Tiago Miguel Ferreira

 <https://orcid.org/0000-0001-6454-7927>

João Negrão

 <https://orcid.org/0000-0001-6044-2044>

Romeu Vicente

 <https://orcid.org/0000-0002-5456-1642>

Referências

- 1 Ferreira, T.; Santos, C.; Vicente, R.; Mendes da Silva, J., 'Caracterização arquitectónica e construtiva do património edificado do núcleo urbano antigo do Seixal', *Conservar Património* **17** (2013) 21-38, <https://doi.org/10.14568/cp2012008>.
- 2 Conferência Internacional sobre Conservação Cracóvia 2000, 'Carta de Cracóvia: princípios para a conservação e o restauro do Património construído' (Cracóvia, 2000), in *Património Cultural*, Direção Geral do Património Cultural, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 3 Choay, F., *L'Allégorie du Patrimoine*, Éditions du Seuil, Paris (1992).
- 4 Jokilehto, J., 'A history of architectural conservation – The contribution of English, French, German and Italian thoughts towards an international approach to the conservation of Cultural Property', tese de doutoramento, Universidade de York, York (1986).
- 5 Escritório Internacional dos Museus, Sociedade das Nações, 'Carta de Atenas para o restauro dos monumentos históricos' (Genebra, 1931), in *Património Cultural*, Direção Geral do Património Cultural, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeAtenas.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 6 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Carta internacional de conservação e restauro dos monumentos e sítios' (Paris, 1964), in *Património Cultural*, Direção Geral do Património Cultural, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 7 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Resolução do simpósio sobre a introdução da arquitectura contemporânea em grupos antigos de edifícios' (Paris, 1972), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/introducao_da_arquitectura_contemporanea_em_grupos_antigos_de_edificios.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 8 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Resoluções de Bruges – Princípios da reabilitação de cidades históricas' (Paris, 1972).
- 9 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Resoluções do simpósio internacional sobre a conservação de cidades históricas pequenas' (Paris, 1975), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/conservacao_das_pequenas_cidades_historicas.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 10 Conselho da Europa, Estrasburgo, 'Carta europeia do Património Arquitectónico' (1975), in *Património Cultural*, Direção Geral do Património Cultural, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CARTAEUROPEIADOPATRIMONIOARQUITECTONICO.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 11 Congresso sobre o Património Arquitectónico Europeu, 'Declaração de Amesterdão' (Amesterdão, 1975), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, <http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/declaracaodeamsterdam.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 12 Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 'Recomendações acerca da salvaguarda e papel contemporâneo das zonas históricas' (Paris, 1976), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/Recommendation_Concerning_the_Safeguarding_and_Contemporary_Role_of_Historic_Areas_1976_.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 13 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Carta internacional para a salvaguarda das cidades históricas' (Paris, 1987), in *Património Cultural*, Direção Geral do Património Cultural, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CARTAINTERNACIONALPARASALVAGUARDADASCIDADESHISTORICAS.pdf> (acesso em 2018-1-23).
- 14 Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 'Convenção para a salvaguarda do Património Cultural Imaterial' (Paris, 2003), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/conv_pat_imaterial.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 15 Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 'Recomendação para a salvaguarda da cultura tradicional e popular' (Paris, 1989), in *MatrizPCI*, Direção-Geral do Património Cultural, <http://www.matrizpci.dgpc.pt/matrizpci.web/Recursos/RecursosUtilitariosListar.aspx?TipoUtilitario=1> (acesso em 2018-1-23).
- 16 Oliveira, E.; Galhano F., *Portugal de Perto. Arquitectura Tradicional Portuguesa*, Dom Quixote, Lisboa (2003).
- 17 Pinho, F., 'Paredes de alvenaria ordinárias. Estudo experimental com modelos simples e reforçados', dissertação de doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2007).
- 18 Appleton, J., 'Edifícios antigos – Contribuição para o estudo do seu comportamento e das acções de reabilitação a empreender', programa de investigação apresentado a concurso para provimento na categoria de investigador-coordenador, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (1991).
- 19 Binda, L.; Saisi, A.; Tiraboschi, C., 'Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries', *Construction*

- and Building Materials* **14** (2000) 199-233, [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(00\)00018-0](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(00)00018-0).
- 20 Jerónimo, R., 'Avaliação do desempenho higrotérmico e do conforto de edifícios rurais reabilitados', tese de doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (2015).
- 21 Binda, L.; Saisi, A., 'State of the art of research on historic structures in Italy', in *Proceedings of 11th Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe Workshop*, Prague (2002).
- 22 Huerta, S., 'Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach', in *Proceedings of the 3rd International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions*, ed. P. B. Lourenço & P. Roca, Guimarães (2001) 47-69.
- 23 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Carta do Património vernacular construído' (Paris, 1999), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/carta_sobre_o_patrimonio_construido_vernaculo.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 24 Valluzzi, M. R., 'On the vulnerability of historical masonry structures: Analysis and mitigation', *Materials and Structures* **40** (2007) 723-743, <https://doi.org/10.1617/s11527-006-9188-7>.
- 25 Mascarenhas, J. M., *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias. A Literatura Técnica de 1750 a 1900 e o seu Contributo para a Conservação de Edifícios Históricos*, Livros Horizonte, Lisboa (2002).
- 26 Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, 'Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do Património Arquitectónico' (Paris, 2003), in *Associação de Estudo e Defesa do Património Histórico-cultural de Santarém*, http://www.patrimonio-santarem.pt/imagens/3/carta_do_icosos_2003_recomendacoes.pdf (acesso em 2018-1-23).
- 27 Carocci, C., 'Guidelines for the safety and preservation of historical centres in seismic areas', in *Proceedings of the 3rd International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions*, ed. P. B. Lourenço & P. Roca, Guimarães (2001) 145-165.
- 28 Vicente, R., 'Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana. Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra', dissertação de doutoramento, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro (2008).
- 29 Warnecke, P., 'Tragverhalten und konsolidierung von historischem natursteinmauerwerk', dissertação de doutoramento, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig (1995).
- 30 Almeida, C., 'Paredes de alvenaria do Porto. Tipificação e caracterização experimental', dissertação de doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto (2013).
- 31 Cóias, V., *Projecto RECOPAC - Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos* – Técnicas Pouco Intrusivas, Stap, S.A. e Universidade do Algarve (2007).
- 32 'Decreto-Lei n.º 307/2009 – Regime jurídico da reabilitação urbana', *Diário da República – Série I* **209** (2009-10-23) 7956-7975, <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/307/2009/p/cons/20170727/pt/html>.
- 33 'Resolução da Assembleia da República n.º 102/2010 – Adopção de medidas para reduzir os riscos sísmicos', *Diário da República – Série I* **155** 3317 (2010-8-11), <http://data.dre.pt/eli/resolassrep/102/2010/08/11/p/dre/pt/html>.
- 34 'Decreto-Lei n.º 555/99 – Regime jurídico da urbanização e edificação', *Diário da República – Série I-A* **291** (1999-12-16) 8912-8942, <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/555/1999/12/16/p/dre/pt/html>.
- 35 'Decreto-Lei n.º 214-G/2015 – Regime jurídico da urbanização e edificação', *Diário da República – Série I* **193**(3.º suplemento) (2015-10-2) 8588-(12)-8588-(108), <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/214-g/2015/10/02/p/dre/pt/html>.
- 36 'Decreto-Lei n.º 53/2014 – Regime excepcional de reabilitação de edifícios e fracções', *Diário da República – Série I* **69** (2014-4-8) 2337-2340, <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/53/2014/04/08/p/dre/pt/html>.
- 37 'Decreto-Lei n.º 194/2015 – Regime excepcional de reabilitação de edifícios e fracções', *Diário da República – Série I* **179** (2015-9-14) 7899-7922, <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/194/2015/09/14/p/dre/pt/html>.
- 38 Vicente, R.; Mendes da Silva, J.; Varum, H., 'Strategies for building pathology reports in a urban rehabilitation process', in *Proceedings of the 10th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, ed. J-L. Chevalier, CIB, Lyon (2005).
- 39 'Decreto-Lei n.º 140/2009 – Regime jurídico dos estudos, projectos, relatórios, obras ou intervenções sobre Bens Culturais classificados, ou em vias de classificação, de Interesse Nacional, de Interesse Público ou de Interesse Municipal', *Diário da República – Série I* **103** (2015-6-15) 3653-3659, <http://data.dre.pt/eli/dec-lei/140/2009/06/15/p/dre/pt/html>.
- 40 'Lei n.º 41/2015 – Regime jurídico aplicável ao exercício da actividade da construção', *Diário da República – Série I* **107** (2015-6-3) 3514-3549, <http://data.dre.pt/eli/lei/41/2015/06/03/p/dre/pt/html>.
- 41 Machado, J. S.; Cruz, H.; Nunes, L., 'Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios', in *Actas do 3.º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*, LNEC, Lisboa (2003) 1281-1290.
- 42 European Committee for Standardisation, 'EN 1998-3:2005 – Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings', Brussels (2005).
- 43 Borri, A.; de Maria, A., 'Eurocode 8 and Italian Code. A comparison about safety levels and classification of interventions on masonry existing buildings', in *Proceedings of the "Eurocode 8 Perspectives from the Italian Standpoint" Workshop*, ed. E. Cosenza, Doppiavoce, Napoli (2009).
- 44 European Committee for Standardisation, 'EN 1996-1-1:2005 – Eurocode 6: Design of masonry structures. Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures', Brussels (2005).
- 45 Roque, J., 'Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria', tese de mestrado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães (2002).

Recebido: 2017-6-5

Aceite: 2018-1-16

Online: 2018-1-23



Licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.
Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.

Deterioração por insetos nas edificações históricas da Colônia Murici – Sul do Brasil

Janice B. Silva^{1,*}

Bruna P. Macari²

Lúcia M. Almeida²

Marcio P. da Rocha¹

Raquel Marchesan¹

Valdir L. Holtman³

¹ Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Campus Botânico, 80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil

² Laboratório de Sistemática e Bioecologia de Coleoptera, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Campus Politécnico, 81581-980, Curitiba, Paraná, Brasil

³ Colônia Murici, 83085-470, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil

*janicebs@gmail.com

Resumo

As edificações históricas de araucária – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze 1898 (Araucariaceae) – presentes na Colônia Murici, município de São José dos Pinhais, Paraná, Brasil, retratam o desenvolvimento da técnica construtiva e o processamento da espécie nativa. Tal conhecimento, trazido pelos imigrantes europeus no final do século XIX, propiciou a formação de um rico acervo da arquitetura de madeira no Estado. No entanto, este patrimônio deteriora-se pela ação dos agentes biológicos, em especial, dos insetos xilófagos. Em vista disto, foi proposta uma análise entomológica, por meio de coletas realizadas em três edificações. Foram identificados exemplares de Coleoptera (Curculionidae e Ptinidae), Isoptera e Lepidoptera (Tineidae). A partir do levantamento realizado e dos danos observados, concluiu-se que os Coleoptera (Ptinidae) e os Isoptera representam o maior risco às madeiras instaladas. Destaca-se a importância da avaliação entomológica como um método de diagnóstico não destrutivo que contribui na verificação da sanidade e da segurança das estruturas.

Palavras-chave /

Análise não destrutiva
Xilófagos
Patrimônio arquitetônico
Araucária

Insect damage in historic buildings of Colônia Murici – Southern Brazil

Abstract

The historical buildings of Araucaria – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze 1898 (Araucariaceae) – present in the Murici Colony, municipality of São José dos Pinhais, Paraná, Brazil, illustrate the development of constructive technique and native species processing. Such knowledge, brought by European immigrants in the late nineteenth century, provided the formation of a rich collection of wooden architecture in the state. However, this patrimony is deteriorated by the action of biological agents, especially xylophagous insects. In view of this, an entomological analysis was proposed through collections made in three buildings. Specimens of Coleoptera (Curculionidae and Ptinidae), Isoptera and Lepidoptera (Tineidae) were identified. It was concluded that Coleoptera (Ptinidae) and Isoptera represent the greatest risk to the installed wood. This emphasizes the importance of the entomological evaluation as a non-destructive method of diagnostic, that contributes to the verification of the health and safety of the structures.

Keywords

Non-destructive analysis
Xylophagous
Architectural Heritage
Parana Pine

ISSN 2182-9942



Introdução

Edificações históricas da Colônia Murici

A Colônia Murici localiza-se no município de São José dos Pinhais, nas proximidades da cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná, Brasil. Sua fundação, em 1878, corresponde ao período de imigração europeia do final do século XIX e insere-se na política imigratória aplicada no Sul do Brasil, de ocupação do território em pequenas propriedades com objetivo de criar núcleos de produção agrícola, a fim de abastecer os centros urbanos [1-2].

A vinda dos imigrantes europeus modificou as estruturas econômica, política e cultural e impulsionou o desenvolvimento e a ocupação do Paraná introduzindo novas técnicas agrícolas e de construção de máquinas. A partir daí aprimoraram-se o processamento e o transporte das madeiras. A construção das estradas de ferro facilitaria o escoamento e a exploração dos pinheirais. De forma peculiar, os imigrantes contribuíram para o desenvolvimento do sistema construtivo [3].

A cultura polonesa foi a que concentrou o maior número de pessoas vindas para o estado e constitui o maior grupo de famílias a ocupar os lotes da colônia [2]. O conhecimento de carpintaria e a abundância das florestas de araucária propiciaram o desenvolvimento da arquitetura de madeira (Figura 1). Introduziram o uso de técnicas milenares de sambladuras, entalhes e encaixes em paredes e estruturas de telhados [4]. Os imigrantes se depararam com as condições favoráveis à construção com a predominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze 1898 (Araucariaceae), espécie nativa que possui propriedades semelhantes às coníferas da Europa.

As primeiras habitações foram construídas com troncos de pinheiros encaixados; com a mecanização houve a difusão das casas de tábuas na vertical no sistema de “tábua e mata-junta”. Posteriormente, com a melhora da condição econômica, foram edificadas casas de alvenaria. Porém, o interior foi mantido de madeira. Foram executados em araucária: divisórias, pisos, forros, estruturas de cobertura, escadas e o mobiliário [4].

Destaca-se a maestria dos carpinteiros que adotaram sistemas e sambladuras adequadas a cada construção e função estrutural. Exemplo disso encontra-se na casa Grochocki, onde os troncos inteiros encaixados na extremidade por meio da sambladura denominada “cauda de andorinha” (Figura 2), constituem as paredes e formam um conjunto de grande estabilidade e rigidez estrutural. Foi construída em 1910, segundo a data entalhada em uma das vigas da casa, e foi também usada como depósito agrícola. Passou por obras de manutenção e hoje abriga um pequeno museu com objetos da família e instrumentos antigos. É um dos mais bem conservados remanescentes de casa de troncos da região.

A casa de tábuas da família Cetnarski (Figura 3) foi construída por volta do ano de 1916, é ainda utilizada como habitação e foi a segunda a ser construída no lote. Encontra-se na propriedade a primeira moradia, a casa



Figura 1. Propriedade da família Schapieski: fábrica de rodas de carroças, moíno movido a roda d'água e casa da família ao fundo.

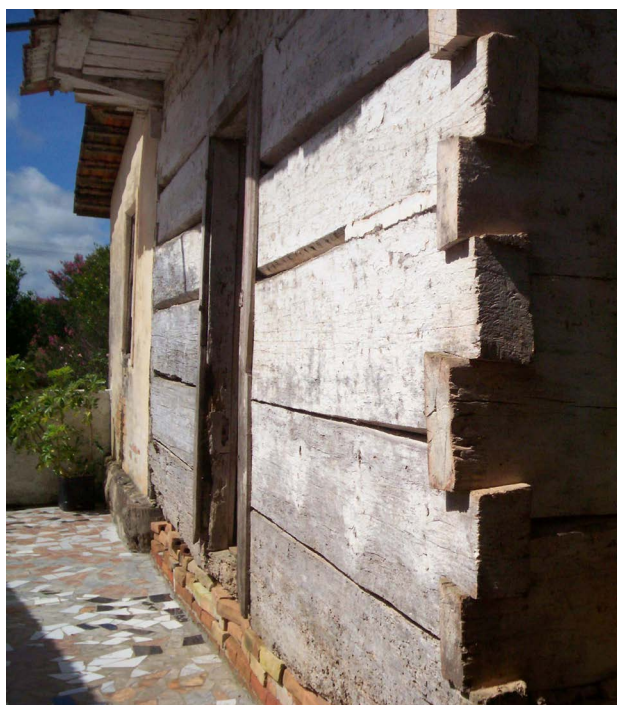


Figura 2. Paredes da casa Grochocki (2007): encaixe cauda de andorinha nas extremidades dos troncos de araucária.



Figura 3. Casa de tábuas, a segunda moradia da família Cetnarski.



Figura 4. Entalhe da data 1883, que se encontra na casa de troncos localizada na propriedade Cetnarski: observam-se os orifícios de emergência resultado da infestação por insetos na viga de araucária.



Figura 5. Acervo da Casa da Cultura: instrumentos de madeira utilizados pelos primeiros imigrantes.

de troncos de 1883 (Figura 4), que é considerada uma das mais antigas e pertenceu a Jósef Cetnarski, líder comunitário que participou da organização sócio-cultural nos primórdios da colonização da Murici [5].

O acervo existente de bens móveis – entre eles, peças do mobiliário, livros, instrumentos agrícolas (Figura 5) e ferramentas de marcenaria – encontra-se em exposição na Casa da Cultura Polonesa Padre Karol Dworaczek. O imóvel, vinculado à Paróquia Sagrado Coração de Jesus (Figura 6a), foi a primeira escola e por muitos

anos conhecida como a casa das Irmãs (Figura 6b). Inicialmente era uma casa de madeira e estima-se que na década de 1920 as paredes de madeira foram substituídas por alvenaria. Além da mudança de nome, passou por várias reformas e usos diferentes (serviu de agência bancária, posto de saúde e subprefeitura), mas manteve preservado o sótão e as estruturas da cobertura (Figura 7). Durante 74 anos as Irmãs da Sagrada Família moraram na velha escola, que servia de moradia, escola e internato para os jovens de lugares distantes [6].

Existem na Colônia Murici remanescentes das casas de troncos, edificações de tábuas e de alvenaria, que compõe o acervo histórico-cultural do município, sendo que alguns imóveis permanecem propriedade dos descendentes dos primeiros imigrantes. As edificações não são tombadas pelo patrimônio histórico nacional ou estadual, não passaram restaurações e muitas delas estão em risco de destruição por falta de manutenção adequada.

Na região permanece a agricultura como fonte de renda de grande parte das famílias, predominam as áreas de plantio de hortaliças e restam apenas alguns resquícios de mata. As edificações, inseridas no meio rural, estão expostas a ação nociva dos agentes atmosféricos e biológicos, intensificada pelo clima sub-tropical úmido.

Deterioração por insetos

A deterioração biológica causada por insetos origina grandes perdas às edificações históricas. Os insetos que atacam a madeira em obra constituem com frequência grande perigo para a integridade das estruturas.

Os insetos xilófagos pertencem a várias ordens; porém os que mais danificam as estruturas de interesse artístico são prevalentemente de duas ordens: Coleoptera e Isoptera [7].

São comuns as perfurações externas que aparecem como resultado dos orifícios de saída do inseto adulto, mas algumas espécies podem permanecer na madeira por muito tempo. Tais orifícios estão presentes também pela necessidade de limpeza das galerias com o expurgo dos resíduos e excrementos. É, no entanto, na fase larval que ocorrem os maiores danos: as larvas de alguns coleópteros se nutrem da madeira, escavando galerias em formatos e extensão variados conforme a espécie [8-9]. Essas características juntamente com a forma do orifício (circular ou oval) e o tipo do excremento auxiliam na identificação do inseto responsável pelos danos em madeiras instaladas [8].

O período de desenvolvimento larval por vezes é longo, podendo durar vários anos, dependendo da espécie e de condições ambientais favoráveis [7]. Como resultado, forma-se uma rede densa de galerias e orifícios que deterioram a madeira fortemente em formas e graus variados, também a superfície externa e, por fim, o acabamento decorativo. Podem ocorrer consecutivas e frequentes reinfestações que se iniciam com o acasalamento dos insetos, em geral nos meses de primavera e verão, quando buscam madeiras menos densas, com preferência pela área do alburno [8].



Figura 6. a) Atual Casa da Cultura Polonesa Padre Karol Dworaczek, ao lado da Igreja Sagrado Coração de Jesus, núcleo da Colônia Murici. b) Antiga casa das Irmãs, moradia das religiosas e primeira escola da região.

A tipologia e a intensidade do ataque dependem de uma série de fatores, tais como: espécie lenhosa empregada, condições do local em que a madeira foi instalada e, em particular, a etologia do agente entomológico [10]. Faz-se necessário identificar e conhecer a biologia das espécies. O conhecimento sobre os insetos é um importante pré-requisito para a avaliação dos danos provocados no patrimônio histórico e auxilia na conservação preventiva de bens culturais.

Levantamento entomológico – um método não destrutivo

A coleta entomológica foi realizada a partir do reconhecimento visual dos sinais de infestações (ativas ou inativas) nas madeiras de araucária em paredes, estruturas, pisos e esquadrias, priorizando os locais com galerias, orifícios de emergência e a presença de insetos vivos ou mortos.

As amostras foram recolhidas em três edificações: área externa da casa Grochocki (de troncos); área externa da casa Cetnarski (de tábuas); e mobiliário e dois lados do sótão [lado A (direito) e lado B (esquerdo)] da Casa da Cultura (de alvenaria).

Foram coletados adultos inteiros e fragmentados e suas formas imaturas (larvas e exúvias), com o auxílio de pincéis, e armazenados em álcool a 70%. As coletas ocorreram entre os meses de março a maio de 2012. A temperatura média desse período foi de 17,5 °C e a umidade relativa de 81,3 % segundo o banco de dados climatológicos da estação Afonso Pena, Curitiba-PR [11].

A análise do material foi realizada no Laboratório de Sistemática e Bioecologia de Coleoptera (LSBC), do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Brasil. A triagem foi feita em microscópio estereoscópico Olympus Micronal VMT-SIT em aumento de 12x. A identificação dos exemplares foi efetuada em microscópio estereoscópico ZEISS Stemi SV6, utilizando chaves de identificação [12-17], além da comparação com

exemplares da Coleção Entomológica Pe. J. S. Moure (DZUP) e consulta a especialistas.

Insetos e os danos causados no Patrimônio

Na Tabela 1 estão listados os insetos xilófagos e deterioradores de materiais de acervo (livros, tecidos, fotos) de ocorrência nas três edificações da Colônia Murici.



Figura 7. Sótão (lado B) e a estrutura de cobertura da Casa da Cultura.

Tabela 1

Insetos deterioradores da madeira e do acervo da colônia Murici

Local		Ordem	Família	Espécie
Casa Grochocki	Área externa	Coleoptera	Curculionidae	(Platypodinae) sp. (Scolytinae) spp. <i>Xyleborus ferrugineus</i>
			Ptinidae	<i>Tricorynus</i> sp.
		Isoptera	Kalotermitidae	<i>Indeterminado</i>
		Lepidoptera	Tineidae	<i>Indeterminado</i>
Casa Cetnarski	Área externa	Coleoptera	Curculionidae	<i>Platypus</i> sp. (Scolytinae) spp. <i>Xyleborus ferrugineus</i> <i>Xyleborus linearicollis</i>
			Ptinidae	<i>Anobium elevatum</i>
		Isoptera	Kalotermitidae	<i>Indeterminado</i>
Casa da Cultura	Sótão lado A	Coleoptera	Ptinidae	(Anobiinae) sp.
		Lepidoptera	Tineidae	<i>Indeterminado</i>
	Sótão lado B	Coleoptera	Curculionidae Ptinidae	<i>Platypus</i> sp. <i>Anobium elevatum</i> <i>Tricorynus</i> sp.
		Isoptera	Termitidae	<i>Indeterminado</i>
	Móveis sótão	Coleoptera	Ptinidae	<i>Tricorynus</i> sp.
		Lepidoptera	Tineidae	<i>Indeterminado</i>

Da ordem Isoptera foram encontrados em todas as casas; exemplares da família Kalotermitidae (Figura 8a) foram identificadas nas casas Grochocki e Cetnarski. Foram coletados exemplares adultos e observadas galerias lisas, paralelas às fibras da madeira, e o resíduo granular disforme (Figura 9), sinal do ataque desses insetos; no entanto, seus ninhos não foram detectados. A família inclui as térmitas ou cupins de madeira seca que infestam construções, móveis e utensílios de madeira, bem como livros e acervos arquivísticos [17], causando danos ao patrimônio histórico edificado e aos bens culturais móveis.

Da família Termitidae, um exemplar foi coletado no lado B do sótão da Casa da Cultura. Essa é a família de Isoptera mais abundante da fauna brasileira e inclui espécimes de hábitos variados, como as térmitas de solo e as subterrâneas que constroem grandes ninhos formando colônias complexas [18].

Da ordem Lepidoptera, foram encontradas larvas de Tineidae nas casas Grochocki e da Cultura (Figura 8b). Os imaturos desta família são chamados de traças-de-roupas e oferecem risco aos acervos, pois deterioram livros, tecidos e couro armazenados [19-20].

Com relação à ordem Coleoptera, nas três edificações foram coletados espécimes de Curculionidae representados pelas subfamílias Platypodinae e Scolytinae. Esses besouros são também conhecidos como

“besouro ambrosia”, pois seus imaturos perfuram galerias dentro da madeira e estas se tornam escurecidas pela ação do fungo ambrosia que forra seus túneis e serve de alimento para as larvas [21].

Na casa Grochocki foram coletados *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius, 1801) (Curculionidae: Scolytinae) (Figura 8c) e espécimes de Platypodinae e Scolytinae não identificados; na casa Cetnarski, exemplares de Scolytinae não identificados, *Platypus* sp. (Curculionidae: Platypodinae) (Figura 8d), *X. ferrugineus* e *X. linearicollis* Schedl, 1937 (Curculionidae: Scolytinae) (Figura 8e); e *Platypus* sp. no sótão da Casa da Cultura (lado B). Nessas casas havia madeiras úmidas e escurecidas pela ação fúngica, mas não foram observadas galerias características desses besouros (Figura 10).

Exemplares da família Ptinidae, subfamília Anobiinae, foram coletados em todas as amostras. Na casa Grochocki foi identificado *Tricorynus* sp.; na Cetnarski, *Anobium elevatum* Laporte, 1840 (Figura 8f); e na Casa de Cultura, exemplares de *Tricorynus* sp. (Figura 8g) no mobiliário, Anobiinae sem identificação no sótão (lado A) e *A. elevatum* e *Tricorynus* sp. no sótão (lado B).

Em geral, os Ptinidae são xilófagos, desenvolvem-se em madeiras mortas ou árvores vivas e alimentam-se de produtos estocados, livros e outros materiais com a presença de fungos [22] – situação encontrada nas edificações. Os



Figura 8. Exemplares de insetos coletados nas edificações: *a)* Kalotermitidae (Isoptera); *b)* larva de Tineidae (Lepidoptera); *c)* *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius, 1801) (Coleoptera, Curculionidae); *d)* *Platypus* sp. (Coleoptera, Curculionidae); *e)* *X. linearicollis* Schedl 1937; *f)* *Anobium elevatum* Laporte, 1840 (Coleoptera, Ptinidae); *g)* *Tricorynus* sp. (Coleoptera, Ptinidae).

ptinídeos são conhecidos pela deterioração de material celulósico e espécies do gênero *Tricorynus* Waterhouse são consideradas as maiores pragas de bibliotecas e arquivos, devastadores de livros e acervos [23].

Outra situação encontrada foi a atividade destrutiva nas madeiras de araucária pelas larvas de Anobiinae. Os orifícios de emergência com resíduo fino indicam o ataque ativo e os orifícios sem resíduos indicam infestação não mais em atividade e, do mesmo modo, confirmam a ação dos insetos xilófagos. As galerias têm seções circulares e são visíveis em pequenas profundidades nos elementos construtivos causando a redução das seções ou, em estágios mais avançados, a desfragmentação do material e perda de parte das peças [24]. Tais aspectos podem ser observados na casa Grochocki, onde existiam galerias e ataques ativos (Figura 11a); na casa Cetnarski, onde havia orifícios de emergência, galerias e perda de material (Figura 11b); e na Casa da Cultura (sótão), onde havia a presença de orifícios de emergência com sinal de ataque ativo, além de galerias e perda de material na base do pendural (Figura 11c).

Conclusão

Na Colônia Murici existe uma série de condições favoráveis à sobrevivência dos vários insetos identificados. Há uma diversidade de fontes de alimento e variedade de habitat propícios ao desenvolvimento. Dentre os insetos coletados, as espécies da família Ptinidae (Coleoptera) e da Ordem Isoptera representam riscos às madeiras instaladas. Alteram a superfície prejudicando a estética e comprometem o desenho e a estrutura original das casas; aumentam a fragilidade da madeira e, em estágios avançados, provocam a destruição do material e a perda da resistência das peças em uso.

A análise entomológica constituiu um método válido que permitiu a avaliação primária do estado de conservação das estruturas de madeira. A determinação dos agentes deterioradores e dos danos causados servem de base ao diagnóstico e auxiliam na classificação do grau de sanidade e segurança das obras.

Verifica-se a necessidade de projetos de intervenção, por meio de inspeção periódica e a manutenção frequente com tratamentos curativos para a eliminação dos agentes de deterioração biológica. Há necessidade de métodos de prevenção buscando bloquear as condições favoráveis ao incremento da deterioração e às novas infestações. Incentivar o uso contínuo dos bens do patrimônio histórico, promover a limpeza e a manutenção frequente, são ações que contribuirão para a conservação das edificações e a preservação do patrimônio histórico-cultural.

Considerações finais

Recomenda-se que concomitante ao levantamento entomológico sejam usados outros métodos de análise que avaliem com maior detalhamento a extensão e a magnitude dos ataques. Sugere-se, entre eles, a análise instrumental



Figura 9. Asas, galerias de térmitas (Isoptera) e resíduo granular disforme.



Figura 10. Madeiras escurecidas pela ação fúngica no sótão (lado B) da Casa da Cultura.



Figura 11. Sinais do ataque e os danos causados por insetos: a) orifícios de emergência e galerias, na parede da casa Grochocki; b) orifícios de emergência, galerias e perda de material, na parede da casa Cetnarski; c) orifícios de emergência, galerias e perda de material na base do pendural, do telhado da Casa da Cultura.

com o resistógrafo – equipamento que fornece gráficos e medidas das áreas internas com perda de resistência – e o cálculo estrutural, que deve considerar as seções íntegras resultantes da subtração das áreas danificadas pela ação dos insetos.

Destaca-se a importância de equipes multidisciplinares nas atividades de conservação e preservação do patrimônio histórico, a fim de garantir o diagnóstico correto das estruturas de madeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão das bolsas de pesquisa. As famílias de moradores da Colônia Murici que permitiram o acesso e as análises realizadas em suas moradias. Ao Dr. José Henrique Pedrosa-Macedo pelo auxílio na identificação dos Scolytinae.

Referências

- 1 Wachowicz, R. C., 'Conjuntura migratória polonesa no século XIX', *Anais da Comunidade Brasileiro Polonesa* 1(1) (1970) 9-28.
- 2 Marochi, M. A., *Imigrantes 1870 – 1950: Os Europeus em São José dos Pinhais*, Travessa dos Editores, Curitiba (2006).
- 3 Kersten, M. S. A., *Os Rituais de Tombamento e a Escrita da História: Bens Tombados no Paraná entre 1938-1990*, UFPR, Curitiba (2000).
- 4 Bernardo, J., *Madeira e Técnica: As Edificações Históricas da Colônia Murici*, Edição do autor, Curitiba (2013).
- 5 Turbanski, S., *Murici - Terra Nossa*, Gráfica Vicentina, Curitiba (1978).
- 6 Turbanski, S., *Murici – Terra Nossa*, vol. 2, Gráfica Ed. Amaro, Curitiba (2005).
- 7 Liotta, G., *Gli Insetti e i Danni del Legno: Problemi di Restauro*, 3.^a ed. Nardini, Firenze (1998).
- 8 Tampone, G., *Il Restauro delle Strutture di Legno*, Hoepli, Milano (1996).

Giordano, G., *Tecnica delle Costruzioni in Legno*, Hoepli, Milano (1999).

- 10 Romagnoli, M.; Bistoni, A.; Agostini, F.; Spanedda, F., 'Insetti xilofagi: metodologie per la valutazione dello stato di degrado e delle variazioni chimico-fisiche nel legno' in *Atti del 25° Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali: Conservare e Restaurare il Legno*, Arcadia Ricerche, Padova, (2009) 23-26.
- 11 'Banco de dados climatológicos da estação Afonso Pena', ICEA - Instituto de Controle do Espaço Aéreo, <http://clima.icea.gov.br/clima/Superficie.php> (acesso em 2014-02-12).
- 12 Costa Lima, A., *Insetos do Brasil: Coleópteros*, vol. 7, Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro (1952).
- 13 Costa Lima, A., *Insetos do Brasil: Coleópteros*, vol. 8, Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro (1953).
- 14 Costa Lima, A., *Insetos do Brasil: Coleópteros*, vol. 10, Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro (1956).
- 15 Pereira, R. V. S.; Almeida, L. M., 'Chaves para a identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados com produtos armazenados', *Revista Brasileira de Zoologia* 18(1) (2001) 271-283, <https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000100031>.
- 16 Pedrosa-Macedo, J. H.; Schönherr J., *Manual dos Scolytidae nos Reflorestamentos Brasileiros*, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (1985).
- 17 Krishna K., 'Ordem Isoptera – Termites', in *Borrer and DeLong's Introduction to the Study of Insects*, ed. C. A. Triplehorn & N. F. Johnson, 7.^a ed., Thomson Brooks/Cole, Belmont (2005) 252-259.
- 18 Constantino, R., 'Isoptera', in *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*, ed. J. A. Rafael, G. A. R. Melo, C. J. B. Carvalho, S. A. Casari & R. Constantino, Holos, Ribeirão Preto (2012) 311-322.
- 19 Macari, B. P.; Silva, J. B.; Almeida, L. M.; Chmyz, I.; Rocha, M. P., 'Insetti degradatori: valutazione archeoentomologica di un'urna funeraria Tupiguarani, Altônia, PR, Brasile', in *Atti del 29° Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali: Conservazione e Valorizzazione Dei Siti Archeologici: Approcci Scientifici e Problemi di Metodo*, Arcadia Ricerche, Venezia (2013) 1061-1069.
- 20 Anderson, R. S., 'Curculionidae', in *American Beetles – Polyphaga: Scarabaeoidea Through Curculionoidea*, vol. 2, ed. R. H. Arnett Jr., M. C. Thomas, P. E. Skelley & H. J. Frank, CRC, Florida (2002) 722-815.

- 21 Casari, S. A.; Ide, S., 'Coleoptera', in *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*, ed. J. A. Rafael, G. A. R. Melo, C. J. B. Carvalho, S. A. Casari & R. Constantino, Holos, Ribeirão Preto (2012) 453-536.
- 22 Silva, C. R.; Anjos, N.; Zanuncio, J. C.; Serrão, J. E., 'Damage to books caused by *Tricorynus herbarius* (Gorham) (Coleoptera: Anobiidae)', *The Coleopterists Bulletin* **67**(2) (2013) 175-178, <https://doi.org/10.1649/0010-065X-67.2.175>.
- 23 Rocha, M. P., 'Biodegradação e Preservação da Madeira', apostila, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba (2001).

Recebido: 2017-3-28

Revisto: 2017-7-26

Aceite: 2017-7-27

Online: 2017-7-31



Licenciado sob uma Licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.

Rendas: estudo de caso de preservação da coleção do Museu Moda e Têxtil da UFRGS

Vera Felippi^{1,*}

Evelise Anicet Rüttschilling² 

Gabriela Perry³

¹ Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha 99/607, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

² Departamento de Artes Visuais, Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Paulo Gama 100, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

³ Departamento de Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Sarmento Leite 320/504, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

*verafelippi@hotmail.com

Resumo

Neste artigo é tratado o percurso da Coleção de Rendas Lucy Niemeyer pertencente ao Museu de Moda e Têxteis da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Brasil, tendo como foco apresentar a estratégia escolhida, as intervenções e os resultados das atividades de conservação preventiva desta coleção. As atividades perpassam pela caracterização dos materiais, registros, higienização, acondicionamento, catalogação e disponibilização do conhecimento visando a preservação da coleção. A metodologia para a conservação apoia-se nas práticas e teorias empregadas em museus nacionais e internacionais que lidam com acervos têxteis. Faz-se referência à importância do espaço virtual e do banco de dados para disponibilizar o conhecimento, pois facilita o acesso, potencializa investigações e proporciona uma forma de preservação. Trata-se de uma pesquisa com aplicação prática, com base numa abordagem qualitativa, empregando o estudo de caso como procedimento técnico.

Palavras-chave

Rendas
Conservação têxtil
Conservação preventiva
Museu Moda e Têxtil da
UFRGS

Laces: a case study of preservation of the UFRGS Fashion and Textile Museum collection

Abstract

In this paper, the course of the Lucy Niemeyer Lace Collection belonging to the Fashion and Textiles Museum of the Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, is presented. The aim is to present the strategy followed, the interventions and the results of the preventive conservation activities. The activities comprise characterization of materials, records, cleaning, packing, cataloguing and disclosure of knowledge aiming at the collection preservation. The conservation methodology is based on the practices and theories used in national and international museums that deal with textile collections. Reference is made to the importance of virtual space to make knowledge available, since it facilitates access, enhances investigations and provides a form of preservation. It is a research with practical application, based on a qualitative approach, employing the case study as technical procedure.

Keywords

Laces
Textile conservation
Preventive conservation
UFRGS Fashion and Textile
Museum

ISSN 2182-9942



Introdução

O Museu Moda e Têxtil (MMT) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Brasil, está vinculado ao Departamento de Artes Visuais do Instituto de Artes e à Rede de Museus e Acervos Museológicos, ambos da mesma universidade.

O MMT pressupõe pensar os objetos de moda e têxteis como bens da cultura material e imaterial, entendendo-os como parte da sociedade e de sua relação com a memória, a identidade e a cultura. Os objetos museológicos trazem à tona um conjunto de referências e de questionamentos tanto a partir dos próprios objetos quanto de seus registros deixados. Esses questionamentos podem ainda incluir a relação dos objetos com a sociedade ou o meio a que pertenceram ou a que pertencem (o próprio Museu), despertando possibilidades de investigações formais, técnicas e visuais. Desta forma, pesquisadores e acadêmicos podem estabelecer relações com diversas áreas do conhecimento como: antropologia, história, sociologia, moda, design, engenharia, entre outras. A existência de um museu que promove a interação dos objetos com pesquisadores das diversas áreas abre um leque de opções para a construção de conhecimento.

Levando em consideração o exposto, o MMT assume papel de guardião no que diz respeito à salvaguarda e expande-se no sentido de disseminar o conhecimento contido, andando em sintonia com instituições nacionais e internacionais e diretrizes museológicas contemporâneas. Outro ponto importante desta iniciativa está em posicionar a UFRGS como uma universidade pública federal pioneira na disponibilização *on-line* de acervo de moda e têxtil no país. Salienta-se ainda a importância de um patrimônio ligado à memória, aos saberes e fazeres e à cultura de um povo estar ligado a uma instituição de ensino, promovendo o envolvimento de pesquisadores, professores, alunos e profissionais nas diversas possibilidades de discussão da temática e difusão do conhecimento.

O objeto de estudo deste artigo é a coleção de rendas doadas pela Prof. Dra. Lucy Carlinda da Rocha Niemeyer ao MMT da UFRGS. Tem-se como objetivo apresentar a estratégia escolhida para as atividades de conservação preventiva desta coleção e suas respectivas intervenções e resultados obtidos. Orientaram a pesquisa os questionamentos quanto à elaboração de suportes físicos apropriados para cada objeto, ao acondicionamento dos mesmos, aos devidos registros (fotográfico e documental) e à disponibilização do conhecimento de forma a minimizar o contato direto com os objetos.

A coleção, com 201 itens, foi doada à universidade no ano de 2011 e desde então vem sendo a base para diversas produções científicas voltadas para os objetos e impulsionou a criação do próprio museu. No Brasil, foram identificados 129 museus universitários [1], os quais surgiram principalmente de três formas: durante a criação das próprias universidades, a partir de coleções doadas e a partir de pesquisas universitárias. O MMT surge da combinação das duas últimas situações: doação de coleção e pesquisas acadêmicas.

As rendas da coleção, produzidas em processos industriais e manuais, contemplam grande parte das técnicas de produção existentes, tanto historicamente quanto atualmente. Sendo assim, trata-se de itens representativos que ilustram diferentes técnicas existentes nos mais de cinco séculos da história da produção desta tipologia de têxtil, pois técnicas como a renda de bilros e de agulhas, produzidas até aos dias de hoje, tiveram seu início histórico nos séculos XVI [2-3] e estão presentes na coleção.

Conhecer para preservar

Preservar significa, segundo o International Council of Museum (ICOM), “proteger uma coisa ou um conjunto de coisas de diferentes perigos, sendo necessário resguardá-los para evitar danos ou perigos” [4]. A preservação é um dos eixos das ações de um museu e dentro deste eixo inserem-se atividades específicas, relacionadas com a conservação. Ainda segundo o ICOM, a conservação tem como objetivo prover dos meios necessários que garantam o estado de um objeto contra toda forma de alteração, a fim de mantê-lo o mais intacto possível para as gerações futuras [4]. Em sentido amplo tratam-se das disposições de conservação preventiva, conservação curativa e restauração. A conservação tem como objetivo manter a integridade física e visual do objeto. Já, na restauração, o aspecto visual ou funcional é predominante e esta intervenção tem como objetivo recriar no têxtil a aparência visual ou física original [5].

Neste estudo é a conservação preventiva que vai nortear as atividades. Conforme o ICOM, significa:

O conjunto de medidas e ações que têm por objetivo evitar e minimizar futuras deteriorações ou perdas. Elas se inscrevem em um contexto ou ambiente de um bem cultural, porém, mais comumente no contexto de um conjunto de bens, seja qual for a sua antiguidade e o seu estado. Essas medidas e ações são indiretas – não interferem com os materiais e estruturas dos bens. Também não modificam a sua aparência [6].

Assim como em todos os tipos de objetos, nos têxteis a atividade de preservação inicia-se com a investigação e a premissa de que eles constituem alguma forma de capital cultural. Essa investigação se ocupa tanto de dados para registrar fisicamente o objeto quanto de pesquisa do contexto, sua história e função [7]. Uma coleção de têxteis pode ser considerada como um agrupamento de qualquer objeto feito de tecido ou objetos cujo componente parcial ou total seja o tecido. Assim tem-se um espectro imenso de objetos [8].

O profissional que se envolve em tais tarefas, segundo Paula, não é “nem artesão, nem cientista: é um profissional especializado, pesquisador, pós-graduado, que se apoia em toda a tecnologia e assessoria científica disponível para utilizar-se, então, de técnicas manuais tradicionais” [9]. Essa opinião é compartilhada por Eastop, que complementa que a prevenção do dano

é mais eficaz que a medida de conservação que tenta corrigi-la [7]. Aqui a autora refere-se a situações como, por exemplo, redução da exposição à luz e à poeira como medidas preventivas importantes para preservar têxteis.

Para uma conservação eficiente, faz-se necessária também uma armazenagem adequada que, segundo Trupin, facilita a organização da coleção, minimiza o manuseio, ao mesmo tempo em que maximiza o acesso [8]. Para isso, todo o aparato também deve ser pensado já no processo inicial. Assim, sugere-se analisar questões como: a frequência com que o acervo será exposto, se haverá empréstimos, como será a pesquisa e se a coleção poderá ser ampliada [8]. Para chegar a um trabalho adequado, a coleção precisa ser organizada de tal forma que todo o conjunto possa ser armazenado de uma forma eficiente.

Caracterização e avaliação da Coleção de Rendas Lucy Niemeyer

As rendas doadas à UFRGS pela Prof. Dra. Lucy Carlinda da Rocha Niemeyer foram colecionadas ao longo da vida de sua mãe, a Sra. Lucy da Rocha Niemeyer. Assim, optou-se por nomear o conjunto de objetos de Coleção de Rendas Lucy Niemeyer para homenagear mãe e filha. As rendas não apresentam informações de procedência nem datas de confecção.

Tal coleção constitui-se de objetos têxteis de diversos formatos e tamanhos. Algumas têm traços explícitos de terem sido retiradas de peças do vestuário devido aos vestígios e costuras. Essas peças correspondem a bolsos, detalhes de golas, barras de saias ou vestidos. Outras rendas acredita-se que tenham sido adquiridas para uso futuro na ornamentação de vestuário ou de peças de decoração da casa, pois não apresentam vestígios de uso, apenas marcas e vincos resultantes de uma forma inadequada de acondicionamento. Essas peças têm formato de fitas de diferentes larguras. Há ainda um grupo de objetos que parecem servir de modelos a serem reproduzidos em processos manuais de rendados ou que foram tecidos em algum momento de aprendizado da técnica. Suspeita-se de tal fato por haver pequenas etiquetas com identificação. Relacionado com estes vestígios, poder-se-ia (e futuramente pode-se) realizar investigações da história do próprio objeto, além do seu uso e significado.

Nesta coleção predominam rendas em cores claras, de tonalidade do branco a marrom claro. Do total de 201 itens, apenas 4 são de cor preta e 1 de cor vermelha. Há também peças que apresentam bordados e estes igualmente, quando apresentam cores, são de cores muito claras.

Alguns itens apresentam diferentes manchas de tonalidade entre amarelo e marrom e dobras acentuadas ocasionadas pelo longo período em acondicionamento de forma inadequada. De maneira geral, as rendas foram dobradas e estavam empilhadas umas sobre as outras.

Na coleção havia seis conjuntos de rendas que estavam enrolados em suportes de papel (Figura 1), os

quais foram mantidos, pois se entende que é importante manter as evidências de uso dos objetos [5]. As rendas de longo comprimento (algumas chegam a ter 6 m), além de dobradas, tinham alfinetes metálicos nas extremidades para evitar que as rendas se desenrolassem, os quais foram retirados. As extremidades de algumas rendas estão desfiadas devido à maneira com que foram cortadas e guardadas. Mesmo diante de tais apontamentos, de maneira geral, considera-se que os objetos estão em bom estado.

As rendas da coleção foram tecidas por processos manuais e industriais, em diferentes técnicas e, como consequência, ricas em resultados estruturais e visuais. A identificação do tipo de processo empregado para a tecelagem da renda foi uma das primeiras atividades feitas, e a análise inicial baseou-se no entendimento do percurso do fio na estrutura do tecido. Os objetos foram estudados e classificados de acordo com publicações de autores reconhecidos na área [2-3, 10-12] e de instituições de pesquisas [13-15].

No processo manual foram identificados 82 objetos, os quais foram classificados da seguinte maneira: renda filé (33), renda de bilros (19), renda em crochê (14), rede para renda filé (7), renda de agulha (4), renda com base tecida com bilros e desenhos com renda filé (2), nhanduti (1), frivolité (1), tecido plano com aplicação de renda filé nas bordas (1).

Já no processo industrial foram identificados 119 objetos, classificados da seguinte maneira: rendas tecidas provavelmente em tear Barmen, imitando renda de bilros feita à mão (34), renda química (20), malha por urdume (11), bordado sobre rede (7), tecido plano (7), renda tecida em tear Pusher (7), renda tecida em tear Leavers (7), tecido plano com aplicação de bordado em ponto cheio e renda (6), tecido plano com aplicação de bordado (1), renda de recorte (1) e rendas tecidas em teares não identificados até ao momento (18).

Tanto nos processos manuais quanto industriais predominam desenhos florais, motivos geométricos e formas orgânicas. Nas rendas tecidas em processo industrial, tais desenhos são mais detalhados e ornamentados, principalmente pelo uso de fios de contorno de diversas espessuras.

Para manusear acervos de bens da cultura material, é necessário ter conhecimento histórico e técnico que apoie o conhecimento científico, sendo indiscutível a necessidade de conhecimentos específicos da área [16]. Portanto, conhecer as propriedades físicas e químicas das fibras auxilia no momento de lidar com problemas específicos e característicos como, por exemplo, dobras que precisarão ser hidratadas (dependendo do tipo de fibra, aplicam-se determinadas intervenções), tipos de sujidades e manchas e acondicionamento dos objetos.

Portanto, os objetos da coleção em questão, necessitaram de um trabalho que incluiu pesquisa de informações técnicas e históricas, as quais foram apoiadas nas bibliografias mencionadas, bem como a investigação de metodologia e procedimentos para a conservação e acondicionamento, conforme se apresenta na sequência.



Figura 1. Registro fotográfico que ilustra as condições de recebimento de conjunto de rendas.

Conservando o patrimônio: metodologia e procedimentos

A estratégia de preservação da Coleção de Rendas Lucy Niemeyer foi guiada pelas atividades de conservação praticadas no Museu Paulista da Universidade de São Paulo (USP). Os conhecimentos adquiridos para essas atividades se deram a partir de estágio realizado no Museu Paulista sob a orientação da Dra. Tereza Cristina Toledo de Paula e visitas às reservas técnicas do Museu Nacional de la História del Traje de Buenos Aires e do Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand (MASP). Além das práticas, o desenvolvimento da estratégia se apoia em bibliografias especializadas [9, 17-18].

Após a caracterização da coleção, inspeção dos objetos e a organização do conhecimento teórico-prático, as atividades que se transcorreram foram inicialmente a análise preliminar das rendas visando conhecê-las, diagnosticá-las e identificar as necessidades. Apoiado no conhecimento adquirido e no diagnóstico da coleção foi definido o processo de limpeza, os materiais e as possibilidades de acondicionamento. Na atividade de acondicionamento e armazenagem previu-se desde a construção de suportes específicos para cada formato de objeto, bem como as caixas e armários. As atividades guiaram-se também em dois sentidos: a preocupação com o acesso e a disponibilização do conhecimento. No decorrer de todas as atividades foram feitos registros fotográfico e anotações em fichas para no final fazer a devida catalogação. Tais etapas e atividades são descritas a seguir.

Registros fotográficos

A captura de imagens foi feita em diversas etapas, utilizando-se equipamento fotográfico profissional, em formato de arquivo RAW e armazenadas tanto neste formato quanto em TIFF, com resolução de 300 dpi.

Foram seguidos alguns critérios visando uma padronização do resultado, como por exemplo, uso

de fundo escuro, visto que a maioria das peças é de coloração clara; fotos em zoom da estrutura têxtil e dos vestígios (marcas e etiquetas); inserção de escala (fita métrica) ao menos em uma das fotos do objeto; e foto do objeto acondicionado. As condições em que as rendas foram recebidas também foram registradas, sendo este registro útil para fazer a predefinição do suporte de acondicionamento, bem como conceber as estratégias de armazenamento. Após os processos de limpeza, acondicionamento individual nos suportes definitivos e a devida identificação, foram feitos novos registros fotográficos. Assim sendo, foram feitas várias fotos da mesma renda como uma forma de minimizar o contato físico com o objeto. Visando ilustrar tais registros, a Figura 1 apresenta um dos conjuntos de rendas da coleção na forma em que foi recebida e a Figura 2 é o registro do mesmo conjunto após a limpeza e acondicionamento.

Tais registros, tanto anteriores quanto posteriores ao acondicionamento, foram necessários para demonstrar que, nos casos em que a doadora fez agrupamento das rendas, tal formato foi mantido. Optou-se por fazer desta



Figura 2. Registro fotográfico que ilustra conjunto de rendas após limpeza e acondicionamento.

maneira para que não houvesse a descaracterização da forma de organização e assim pôr em risco uma possível investigação futura.

Limpeza e planificação da coleção

Para lidar com a coleção tomou-se o cuidado necessário para um manuseio seguro, tanto pessoal quanto do objeto: para isso foram utilizadas luvas, uma superfície limpa, lisa e estável.

Antes de se iniciar o processo de limpeza, os objetos foram deixados em repouso para que as fibras do tecido se acomodassem e posteriormente fossem planificadas. Fez-se uso de diferentes pesos, constituídos por espumas e pequenas placas de vidro que, somados à ação da gravidade, atuaram para que a renda se planificasse. O tempo de repouso variou entre 1 e 5 dias, dependendo da situação de cada renda, pois quanto mais dobras ou maior dificuldade de minimizá-las, mais tempo de repouso foi necessário. Neste período a observação foi feita, sistematicamente, 2 a 3 vezes ao dia. Importante ressaltar que, tratando-se de material têxtil, o tempo é uma variável



Figura 3. Rendas em processo de planificação para minimizar as dobras.

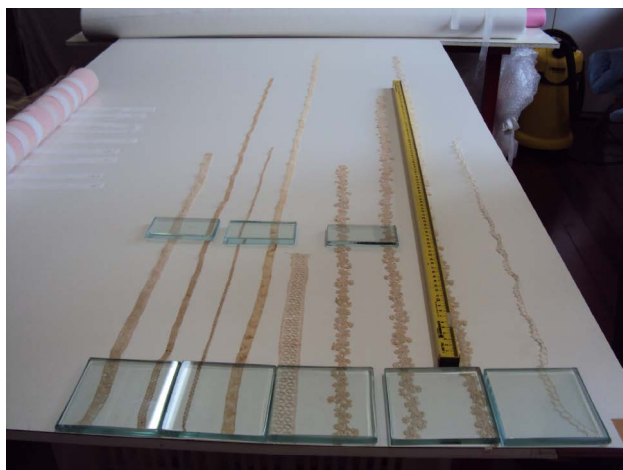


Figura 4. Rendas em processo de planificação com pesos de vidro.



Figura 5. Detalhe da estratégia utilizada para fixar as extremidades das rendas de grandes dimensões em rolos: sobreposição de tela de poliéster costurada com linha de algodão.

indeterminada, pois o clima influencia este processo: em dias mais úmidos as fibras movimentam-se mais do que nos dias mais secos. As Figuras 3 e 4 ilustram a etapa de planificação das rendas de diferentes formatos.

Após o período de repouso, foram iniciadas as atividades de limpeza, realizadas por aspiração, tomando-se o cuidado com a respectiva capacidade de sucção. As rendas de pequenas dimensões tiveram proteção extra neste processo, sendo utilizado bastidor com tela de poliéster sobreposto à renda.

Acondicionamento

Para o acondicionamento e armazenagem das rendas foram empregados materiais utilizados no acondicionamento de produtos de informática, alimentação, hospitalares, cosméticos, também usados na preservação têxtil por serem compatíveis, inertes e estáveis, tais como: malhas tubulares de algodão de uso hospitalar, placas de polipropileno, rolo de polietileno expandido, caixas de polipropileno, linha de costura de algodão, rede de poliéster (tule), luvas nitrílicas descartáveis e tecido não-tecido (de nome comercial tnt).

Neste processo foram observadas também as características, formato e tamanho de cada renda, optando-se pelo acondicionamento em suportes horizontais planos e em rolos. Inclusive, antes da construção dos suportes, foram feitas maquetes, produzidas com materiais alternativos, visando estudar a melhor maneira de acondicionamento, principalmente para as rendas com formatos complexos. As peças de pequenas dimensões ou de formatos específicos como golas e bolsos foram acondicionadas no suporte plano, enquanto as peças de longo comprimento foram acondicionadas em rolos. Neste último caso, visando fixar as extremidades para que a renda não se desenrolasse, a solução foi sobrepor ao rolo uma tela de poliéster (tule), costurado ao rolo com linha de algodão, que não compromete a visibilidade do



Figura 6. Tipos de suportes para acondicionamento individual das rendas.

objeto e pode ser facilmente retirada caso seja necessário (Figura 5).

Houve também casos em que foram utilizados rolo e superfície plana por se tratarem de formas circulares como barras de saias e parte superior de vestimenta. Assim sendo, as rendas foram acondicionadas individualmente, ou em grupo, em três tipos de suporte: rolos, superfícies planas e mistas, conforme ilustrados na Figura 6.

A matéria prima dos rolos é polietileno expandido. Devido às diferenças de comprimento e largura das rendas, foram utilizados rolos com dois diâmetros diferentes: 6 cm e 2,8 cm. As superfícies planas foram construídas com placas de polipropileno. Todos os suportes foram revestidos com malha tubular de algodão de uso hospitalar, que contribui também para que o objeto não escorregue da superfície.

No final do processo de acondicionamento, optou-se pelo armazenamento das rendas em dois grupos: no primeiro estão as rendas agrupadas pela doadora, originalmente em seis cartões, agora em seis rolos. O segundo grupo é formado pelas demais rendas, as quais foram organizadas e armazenadas segundo o processo de fabricação e técnicas.

Como resultado, para o armazenamento da coleção foram utilizadas 13 caixas. Destas, 11 caixas são de polipropileno, padronizadas no tamanho de 485 mm × 335 mm × 200 mm (comprimento × profundidade × altura), de cor branca, semitransparente, com tampa removível. As outras 2 caixas são de plástico transparente, medindo 550 mm × 400 mm × 200 mm, e foram utilizadas para armazenar os rolos com os conjuntos de rendas (Figura 7). No armazenamento dos rolos, foram construídos suportes para suas extremidades para que estes fiquem suspensos, evitando-se assim deformação das rendas.

As caixas foram identificadas com etiquetas, nas tampas e laterais, informando os números de registros das rendas. Em cada caixa foram construídas prateleiras internas, também em placas de polipropileno revestidas com a malha tubular de algodão, visando o aproveitamento do espaço interno, conforme ilustra a Figura 8.

Antes do acondicionamento definitivo, duas rendas foram submetidas à análise por microscopia, etapa esta descrita a seguir.

Análise por microscopia

Visando obter detalhes da técnica empregada, da forma de entrelaçamento dos fios e características das fibras presentes na estrutura têxtil, dois exemplares de rendas foram submetidas à análise por microscopia. Para a análise das estruturas têxteis foi utilizado o microscópio estereoscópio Olympus SZX16 com captura imagens em câmera da marca Lumenera, modelo Infinity 1. Para a observação das fibras que compõe uma das rendas, foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura (MEV) JSM 6060. Ambos os equipamentos foram disponibilizados pelo Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS.



Figura 7. Armazenagem dos suportes em rolo, conforme agrupamento de rendas feito pela doadora.



Figura 8. Prateleiras internas inseridas nas caixas de armazenagem visando o aproveitamento do espaço interno.

As rendas analisadas foram tecidas em processo industrial (Figura 9) e manual (Figura 10) e o equipamento, com aumento de objetiva de 10×, contribuiu para compreensão de como a estrutura têxtil foi tecida. As imagens da renda tecida em processo industrial demonstram que a técnica empregada é a de bordado sobre rede [2-3,10], na qual foram empregados quatro diferentes tipos de fios. Um dos fios corresponde à rede, também chamada de base de ligação e os demais foram utilizados na construção e ornamentação dos motivos (desenhos). Na renda tecida em processo manual, pelo percurso do fio e pontos utilizados, constata-se que foi empregada a técnica de agulha [2-3,10]. Pela análise constatou-se que foi utilizado apenas um fio em sua construção.

O exame com o MEV é particularmente útil para a caracterização das fibras, pois, uma das formas de fazer a sua identificação é através de sua morfologia, que só pode ser observada com ampliações superiores a 100× (Figura 11). Pela análise, aplicando-se o método de ensaio da ABNT [15], verificou-se que o material utilizado na renda é o algodão. Reforçamos que não foram aplicados métodos destrutivos nos objetos da coleção, pois a imagem apresentada é resultado de análise de fio saliente da renda.

As análises por microscopia demonstram também que a UFRGS possui equipamentos que podem auxiliar na investigação de têxteis, oportunizando estudos futuros desta mesma ordem, tanto na coleção de rendas como em outros têxteis.

Documentação: catalogação

A gestão do acervo requer várias atividades entre elas a devida documentação, na qual se inclui o devido registro e número de inventário. O número de inventário e a ficha de catalogação atualizada fazem parte de ações que visam estruturar, centralizar, organizar e controlar as informações referentes às coleções existentes e futuras, além de facilitar o acesso para pesquisas científicas [19].

O número de registro para os objetos do MMT obedeceu a uma estrutura alfanumérica [20] e constituiu-se da seguinte forma: MMT.I.0000.0, onde: MMT é a sigla do museu; “I” ou “II” corresponde à tipologia do acervo: físico ou digital; 0000 é o número sequencial do objeto, iniciando por 0001; 0 é número sequencial utilizado caso o objeto tenha componentes (se não houver componentes, utiliza-se o número “0”); e, o ponto (“.”) é símbolo divisor empregado entre cada um dos itens mencionados.

A marcação do número de registro foi feita em etiqueta de papel presa ao objeto com fio de algodão cru.

A catalogação é uma atividade fundamental na organização de acervos, sendo seu resultado – a ficha de

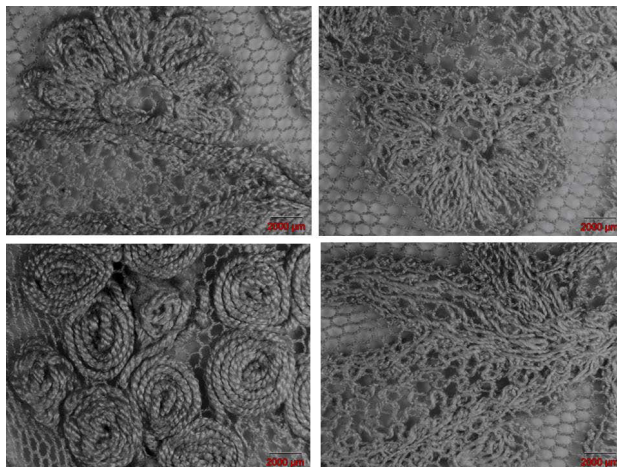


Figura 9. Detalhes de renda produzida em processo industrial, ampliação de 10× em microscópio.

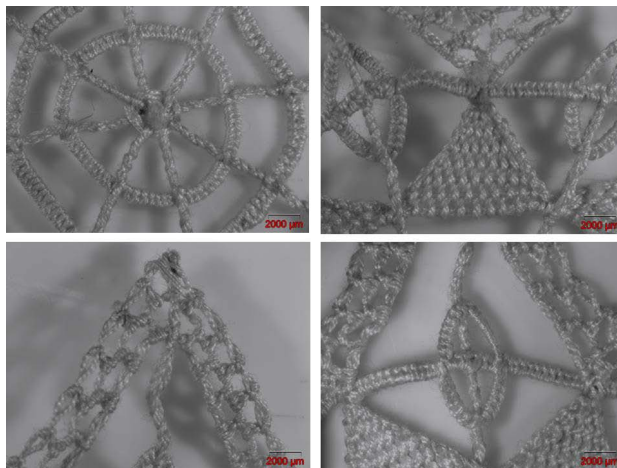


Figura 10. Detalhes de renda manual, ampliação de 10× em microscópio.

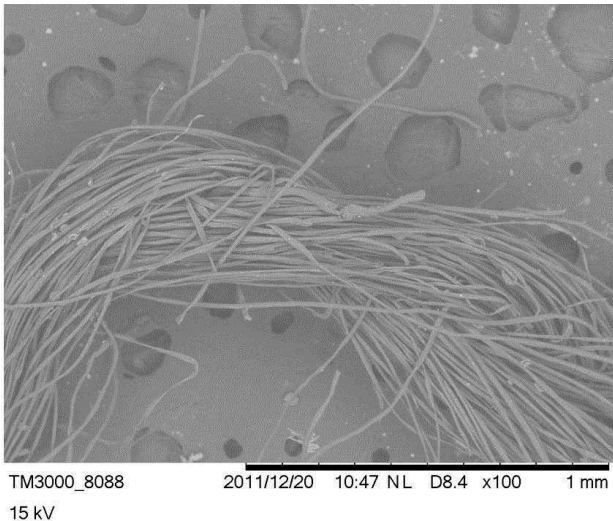


Figura 11. Imagem das fibras de algodão que compõem renda manual obtida com MEV, ampliação de 100x.

catalogação – um documento que contém as informações, orientações e procedimentos sobre o objeto, além da descrição física e dos dados históricos. Portanto, trata-se de um item que faz parte da documentação museológica, onde se incluem também documentos de aquisição (recibos, cartas, doações), laudos, inventários

e pesquisas relacionadas. O “objeto museológico devidamente registrado nas suas múltiplas possibilidades informacionais se torna uma fonte de informação” [19] e um instrumento para a construção de novos conhecimentos.

Não há uma norma específica para a criação da ficha de catalogação; porém, nesta deve constar o máximo de informações possíveis acerca do objeto, tanto informações intrínsecas quanto extrínsecas [21]. As intrínsecas são definidas como as informações transmitidas pelo próprio objeto a partir da análise física, por exemplo, composição do material, construção técnica, morfologia. As informações extrínsecas referem-se às informações documentais e contextuais, por exemplo, significado simbólico, de função e de uso. É possível também incluir na ficha um controle de fontes complementares [19], como por exemplo: relatório de projetos de pesquisa realizados sobre a coleção, histórico de empréstimo dos objetos, publicações, etc.

Levando em consideração tais questões, foi sistematizada uma ficha padronizada para a coleção de rendas contendo as seguintes informações: a) Número de registro; b) nome da coleção; c) nome do objeto; d) categoria; e) registros fotográficos; f) descrição física: medidas, processo de fabricação, técnica empregada e materiais; g) descrição com o máximo de informações

FICHA DE CATALOGAÇÃO	
No. REGISTRO:	Nome da coleção:
NOME DO OBJETO:	
CATEGORIA:	
Registros fotográfico:	
Medidas:	
Processo:	
Técnica:	
Materiais:	
Descrição:	
Forma de aquisição:	Data da doação:
Autor:	
Local de origem:	Período:
Conservação/restauração:	
Estado de conservação: <input type="checkbox"/> bom <input type="checkbox"/> regular <input type="checkbox"/> mau <input type="checkbox"/> péssimo	
Responsável:	
Histórico:	
Informações complementares:	
Fotos originais:	
Referências bibliográficas:	
Descritores:	
Objetos relacionados:	
Responsável:	Data:
Atualizações:	
Responsável:	Data:

Figura 12. Modelo de ficha de catalogação para os objetos do MMT da UFRGS.

possíveis, inclusive históricas, baseada em fundamentação teórica; h) forma de aquisição e data de doação; i) autor, local de origem e período, caso seja conhecido; j) conservação: informação sobre as atividades para conservação aplicadas, o estado de conservação do objeto, o tipo de suporte usado no acondicionamento e o responsável pela atividade; k) histórico: informar caso o objeto seja enviado para empréstimo, exposições, etc.; l) informações complementares; m) fotos: indicar o nome e o formato do arquivo das fotos; n) referências bibliográficas; o) descritores: palavras-chave que descrevem o objeto para futuras buscas em banco de dados; p) objetos relacionados: indicar os objetos que possuem alguma relação relevante como os demais itens do grupo a que pertence o objeto ou técnica empregada; q) responsável pelas atividades e data. A Figura 12 ilustra o modelo de ficha de catalogação desenvolvido.

Para o correto preenchimento da ficha foi criada uma “ficha-guia”, um modelo com a orientação dos termos a serem empregados em cada tópico. Empregou-se a palavra “provavelmente” nas situações de dúvidas sobre as informações. Esta recomendação é empregada no Museu Paulista pois, segundo Eastop [7], “nem sempre é possível ou necessário determinar a identificação precisa de um material; às vezes uma caracterização geral é suficiente”. Essa questão está relacionada com a atenção que se deve ter na utilização de métodos de identificação, visto que em itens de acervo evitam-se métodos destrutivos, os quais não foram aplicados na coleção.

Disponibilização do conhecimento via Internet

Diante dos recursos tecnológicos disponíveis e adequando-se às necessidades contemporâneas de rápida comunicação com o público, os museus estão cada vez mais inseridos na Internet, oferecendo oportunidade para atrair um maior número de visitantes, ampliando e democratizando o acesso ao patrimônio. Além disso, disponibilizar o conhecimento na *web* é também uma forma de preservação e salvaguarda, visto que muitas informações podem ser obtidas sem necessidade de acessar o objeto fisicamente.

Todas as informações (catalogação e imagens) da coleção objeto deste artigo estão em fase de tratamento digital, para abastecer o banco de dados e o website, os quais estão em fase final de construção. Portanto, será possível acessar de forma *on-line* a totalidade desta coleção. Tem-se também como expectativa impulsionar o estímulo às práticas criativas e investigatórias a partir da interação com diversas áreas do conhecimento.

O espaço digital que está em fase final de construção vai se configurar também como um espaço virtual de aprendizagem, de divulgação das produções científicas da coleção – artigos, teses, dissertações – e do museu, bem como dos eventos e exposições.

O banco de dados em construção leva em consideração as potencialidades apontadas por Ferrez, tais como: amplo gerenciamento com o controle da coleção, estabelecendo

possibilidades de pesquisa e segurança patrimonial; níveis diferenciados de acesso para o banco de dados; descrição pormenorizada de todos os dados pertinentes ao acervo; visualização das imagens de cada obra e objeto; administração de todas as etapas de documentação e empréstimos das obras; emissão dos mais diversos tipos de relatório/listagem: por autor, técnica, tipologia, data, localização, estado de conservação, entre outras; gerenciamento dos processos de conservação e restauro, com remissivas para os laudos técnicos [22].

Apesar de existirem coleções especificamente de rendas no Brasil, elas não se encontram disponíveis em ambientes digitais. Até o momento não foi identificada nenhuma coleção desta tipologia disponível de forma *on-line* no país. Porém, acreditamos que este conteúdo é relevante e útil para pesquisas no campo da moda, história, design têxtil, antropologia, arte, entre outras, o que justifica a realização deste trabalho e a iniciativa de construção do ambiente digital para disponibilizar a Coleção de Rendas Lucy Niemeyer.

Considerações finais

Neste estudo foram apresentadas as soluções para a Coleção de Rendas Lucy Niemeyer, pertencente ao Museu Moda e Têxtil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trata-se de 201 objetos têxteis e sua importância consiste no fato de serem itens representativos do cenário histórico desta tipologia de têxtil. Além disso, são fontes primárias para análises e estudos de ordem técnica e visual, os quais envolvem processos de produção e técnicas empregadas tanto no âmbito industrial quanto artesanal.

Teve-se como objetivo apresentar as estratégias, as intervenções e os resultados das atividades de conservação preventiva da coleção. A pesquisa foi norteada pelas questões que envolvem as estratégias de conservação do patrimônio têxtil, no sentido de assegurar a construção de suportes adequados para cada objeto e definição do acondicionamento, definir os procedimentos de registros fotográfico e documental e a disponibilização do conhecimento. O objetivo foi alcançado e as questões foram respondidas a partir do uso das metodologias teórico-práticas, os quais andam em sintonia com os métodos empregados em museus com acervos têxteis no cenário nacional e internacional.

O acondicionamento, em suportes planos e rolos, devidamente confeccionados com materiais apropriados – tratando-se de materiais estáveis, compatíveis e aprovados amplamente conhecidos no meio museológico e comumente utilizados para preservação de têxteis –, foi considerado adequado. Os registros, tanto documentais quanto das imagens, foram feitos seguindo critérios que serão replicados para futuras coleções do museu. O ambiente digital, configurado em formato de ambiente virtual de aprendizagem, e o banco de dados, ambos em fase final de construção, além de preservarem o

conhecimento, vão contribuir para que este conhecimento alcance um número maior de espectadores.


Desde que a coleção foi doada, no ano de 2011, esta vem sendo base para diversas produções científicas voltadas para os objetos e impulsionou a criação do próprio museu na universidade. Assim sendo, acredita-se que tal coleção possui potencial para futuras investigações relacionadas com os objetos em si quanto ao contexto a que estes pertenceram, bem como para impulsionar pesquisas em diversas áreas do conhecimento tanto no âmbito de práticas de ordem criativa quanto teórica.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

ORCID

Evelise Anicet Rüttschilling

 <https://orcid.org/0000-0002-3186-5256>

Referências

- Almeida, A. M., 'Museus e coleções universitários: por que museus de arte na Universidade de São Paulo', tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, São Paulo (2001), <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27143/tde-10092003-160231/pt-br.php> (acesso em 2016-06-27).
- Etcheverry, D., *Encajes: História y Identificación*, Fundación Museu del Traje, Buenos Aires (2013).
- Earnshaw, P., *The Identification of Lace*, 3th ed., Shire Publications, London (2000).
- Desvallées, A.; Mairesse, F. (eds.), *Conceitos-chave de Museologia*, Armand Colin (2010), http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Key_Concepts_of_Museology/Museologie_Anglais_BD.pdf (acesso em 2016-08-23).
- Brooks, M.; Clark, C.; Eastop, D.; Petschek, C., 'Restauração e conservação: algumas questões para os conservadores. A perspectiva da conservação de têxteis', *Anais do Museu Paulista* 2 (1994), 235-250.
- 'Terminology to characterize the conservation of Tangible Cultural Heritage', *15th Triennial Conference*, New Delhi (2008), <http://www.icom-cc.org/54/document/icom-cc-resolution-terminology-english/?id=744#.Wa1TZPOGPIU> (acesso em 2017-08-04).
- Eastop, D., 'A conservação de têxteis como uma prática de conservação, de investigação e de apresentação', in *Tecidos e sua Conservação no Brasil: Museus e Coleções*, ed. T. C. Paula, Museu Paulista da USP, São Paulo (2006) 52-58.
- Trupin, D. L. 'O que é uma coleção de têxteis? Questões de conservação em coleções de bandeiras e casas históricas' in *Tecidos e sua Conservação no Brasil: Museus e Coleções*, ed. T. C. Paula, Museu Paulista da USP, São Paulo (2006) 41-46.
- Paula, T. C., 'Inventando moda e costurando história: pensando a conservação de têxteis no museu paulista/USP', dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, São Paulo (1998).
- Earnshaw, P., *Bobbin & Needle Lace: Identifications and Care*, Batsford Craft, London (1983).
- Browne, C., *Lace from Victoria & Albert Museum*, V&A Publications, London (2004).
- 'Lace classification system', Lace Study Centre, <https://maas.museum/event/lace-study-centre/> (acesso em 2016-08-17).
- Farrel, J., *Identifying Handmade and Machine Lace*, Victoria and Albert Museum and Museum of Costume and Textiles, London (2007), <http://www.dressandtextilespecialists.org.uk/Lace%20Booklet.pdf> (acesso em 2017-02-06).
- 'NBR 7031:2014: Indicação do sentido da torção dos fios têxteis e produtos similares – Procedimento', Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro (1995).
- 'NBR 13538:1995: Material têxtil – Análise qualitativa', Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro (1995).
- Souza, L. A. C., 'Panorama brasileiro na relação entre Ciência e Conservação de Acervos', *Revista do Programa de Pós Graduação em Artes da Escola de Belas Artes da UFMG* 1(1) (2008) 37-46, <http://www.eba.ufmg.br/revistapos/index.php/pos/article/view/6/5> (acesso em 2017-03-27)
- Manual de Conservación Preventiva de Textiles*, Comité Nacional de Conservación Textil, Fundación Andes, Santiago del Chile (2002).
- 'Using the ethics checklist', Victoria and Albert Museum, Conservation Department, <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-50/appendix-1/> (acesso em 2017-08-15).
- Perales, I. A., 'Aspectos da documentação: coleção têxtil e vestuário', in *Tecidos e sua Conservação no Brasil: Museus e Coleções*, ed. T. C. Paula, Museu Paulista da USP, São Paulo (2006) 90-95.
- Padilha, R., *Documentação Museológica e Gestão de Acervo* Editora FCC, Florianópolis (2014).
- Ferrez, H., 'Documentação museológica: teoria para uma boa prática', in *Cadernos de Ensaios*, vol. 2, Minc/Iphan, Rio de Janeiro (1994) 64-73.
- Fabbri, A.; Machado, C., 'Informatização dos acervos dos museus como ferramenta de acesso', in *Documentação e Conservação de Acervos Museológicos: Diretrizes*, ed. A. Fabbri, A., Secretaria de Estado da Cultura de São Paulo, São Paulo (2010) 26-29.

Recebido: 2017-9-25

Revisto: 2017-12-5

Aceite: 2017-12-11

Online: 2017-12-15



Licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.

Normas para os autores

Princípios éticos
Tipos de manuscritos
Manuscritos
Referências bibliográficas
Submissão dos manuscritos
Avaliação dos manuscritos
Direitos

<http://revista.arp.org.pt/pt/normas.html>

Guidelines for authors

Ethical guidelines
Types of collaboration
Manuscripts
References
Submissions
Refereeing
Rights

<http://revista.arp.org.pt/en/normas.html>

