



CONSERVAR PATRIMÓNIO

ARP · Associação Profissional
de Conservadores-Restauradores
de Portugal
conservarpatrimonio.pt

Rua Fialho de Almeida,
n.º 14 – 2.º Esq.
1070-129 Lisboa

Quadrimestral
Triannual
Reg. 127342

Janeiro
January
2023

42

Fotografia da capa Cover photograph

As cores na azulejaria portuguesa: uma revisão, pp. 73-81.

As opiniões manifestadas na revista são da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não traduzem necessariamente a opinião da ARP, da Direcção 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.



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>

FICHA TÉCNICA · JOURNAL INFORMATION

CONSERVAR PATRIMÓNIO

Revista académica com avaliação por pares

Academic peer-reviewed journal

Edição *Publisher*

Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal (ARP)

Rua Fialho de Almeida, n.º 14, 2.º esq., 1070-129 Lisboa, Portugal

NIPC VAT registration number n.º 503 602 981

Periodicidade *Frequency*

Quadrimestral *Triannual*

Registo ERC

127342

ISSN

2182-9942 edição digital *digital edition*

DOI

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

Directora *Director*

ELIN FIGUEIREDO

Directores-adjuntos *Co-directors*

ANA CLARO

ANA ZÉLIA MILLER

SÍLVIA O. SEQUEIRA

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Assistente editorial *Editorial assistant*

SALIMA REHEMTULA

Paginação *Page design*

ANA CLARO

ELIN FIGUEIREDO

SÍLVIA O. SEQUEIRA

EDITORES, COMISSÃO DE REDACÇÃO E CONSELHO EDITORIAL EDITORS, COPY EDITING BOARD AND EDITORIAL BOARD

Editores-chefes *Editors-in-chief*

ELIN FIGUEIREDO

Investigadora Auxiliar, Centro de Investigação de Materiais,
Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação (CENIMAT/i3N),
Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

SÍLVIA O. SEQUEIRA

Investigadora, LAQV-Requimte | CHARM – Cultural Heritage and
Responsive Materials, FCT, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Professor Auxiliar, University of the West of England – UWE Bristol, Reino Unido
Professor Auxiliar Convidado, University of Coimbra, Portugal

ANA CLARO

Investigadora Integrada, CHAM – Centro de Humanidades, Faculdade
de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

Editoras associadas *Associate editors*

ALEXANDRA RODRIGUES

Investigadora, VICARTE (Vidro e Cerâmica para as artes), Universidade NOVA de Lisboa,
Portugal

ÂNGELA FERRAZ

Museóloga, Tikva Museu Judaico Lisboa, Portugal
Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade
NOVA de Lisboa, Portugal
Investigadora, Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes (Techn&Art),
Instituto Politécnico de Tomar, Portugal

CRISTIANA NUNES

Investigadora Associada, Instituto de Teoria e Mecânica Aplicada da Academia de Ciências
da Republica Checa, Praga, República Checa

EVA MARIASOLE ANGELIN

Investigadora, Responsável pela Conservação e Restauro, Tecnologia da Arte e Ciências da
Conservação, Technical University of Munich, Munique, Alemanha

MÁRCIA ALMADA

Professora Associada, CECOR – Centro de Conservação-Restauração de Bens Culturais,
Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

MARIA JOÃO FERREIRA

Investigadora, CHAM – Centro de Humanidades, FCSH, Universidade NOVA de Lisboa,
Lisboa, Portugal
Técnica Superior, Museu de São Roque, Lisboa, Portugal

MARIA JOÃO FURTADO

Conservadora-restauradora & Técnica do Laboratório de Estudos Materiais,
Departamento de História de Arte, University College London, Bloomsbury - Londres,
Reino Unido

MATHILDA LARSSON COUTINHO

Investigadora, Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal

THIAGO SEVILHANO PUGLIERI

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

VALENTINA PINTUS

Investigadora, Institute for Natural Sciences and Technology in the Arts – Academy of Fine
Arts Vienna, Austria

EDITORES, COMISSÃO DE REDACÇÃO E CONSELHO EDITORIAL
EDITORS, COPY EDITING BOARD AND EDITORIAL BOARD

Conselho editorial *Editorial board*

ANA ZÉLIA MILLER

Investigadora Auxiliar, IRNAS-CSIC, Sevilha, Espanha
Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal

ANDRZEJ KADŁUCZKA

Professor Architect, Institute of History of Architecture and Preservation of Monuments,
Faculty of Architecture, Krakow University of Technology, Poland

CESÁREO SAIZ-JIMENEZ

Profesor de Investigación, Instituto de Recursos Naturales
y Agrobiología de Sevilla – Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (IRNAS-CSIC), Sevilha, España

CHRISTIAN DEGRIGNY

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

M.^a JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ

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

MÁRIO MENDONÇA DE OLIVEIRA

Professor, Universidade Federal da Bahia, Brasil

MATHIEU THOURY

Researcher, IPANEMA, CNRS, Ministère de la Culture
et de la Communication, Université de Versailles
Saint-Quentin-en-Yvelines, Université Paris-Saclay, France

NICOLA MASINI

Research Director and Deputy Director of CNR,
Institute of Heritage Science, Baragiano Scalo, Italy

ROSÁRIO VEIGA

Investigadora Principal com Habilitação para Coordenação Científica,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

SALVADOR MUÑOZ VIÑAS

Profesor, Universitat Politècnica de València, España

TOM LEARNER

Head of Science, Getty Conservation Institute, USA

VÍTOR SERRÃO

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

EDITORES, COMISSÃO DE REDACÇÃO E CONSELHO EDITORIAL EDITORS, COPY EDITING BOARD AND EDITORIAL BOARD

Comissão de redacção *Copy editing board*

ANA CLARO

Investigadora Integrada, CHAM – Centro de Humanidades, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

ELIN FIGUEIREDO

Investigadora Auxiliar, Centro de Investigação de Materiais, Instituto de Nanoestruturas, Nanomodelação e Nanofabricação (CENIMAT/i3N), Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

EMMANUELLE MEUNIER

Investigadora, Casa de Velázquez, EHEHI, Madrid, Espanha

GUILHERME PINHEIRO POZZER

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

ILENIA D'ANGELI

Investigadora, Italian Institute of Speleology, Bologna, Itália

JOSÉ CARLOS DOMINGUES

Investigador, Universidade de Coimbra, Portugal

LAURA MOURA

Conservadora-restauradora, Câmara Municipal de Sesimbra, Divisão de Cultura - Museus e Património, Portugal

NICASIO T. JIMÉNEZ-MORILLO

Investigador, MED, Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Portugal

RUI MAIO

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

SÍLVIA O. SEQUEIRA

Investigadora, LAQV-Requimte | CHARM – Cultural Heritage and Responsive Materials, FCT, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

TERESA ALMEIDA

Professora Auxiliar, Faculdade de Belas Artes, Universidade do Porto, Portugal

A revista está indexada ou referenciada nas seguintes bases de dados bibliográficas internacionais:
The journal is abstracted or indexed in the following international bibliographic databases:

- AATA – *Abstracts of International Conservation Literature*, 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>
- CIRC – *Clasificación Integrada de Revistas Científicas*, EC3METRICS, <https://clasificacioncirc.es>
- Crossref, <http://www.crossref.org>
- *CWTS Journal Indicators*, Leiden University, <http://www.journalindicators.com>
- 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/publiseringsskanaler/erihplus/>
- *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>
- MIAR – *Matriz de Información para el Análisis de Revistas*, Universitat de Barcelona, <http://miar.ub.edu>
- *Microsoft Academic*, <https://academic.microsoft.com>
- *OpenAIRE – Open Access Infrastructure for Research in Europe*, <https://explore.openaire.eu>
- REDIB – *Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico*, <http://www.redib.org>
- *Scimago*, <http://www.scimagojr.com>
- *Scopus*, Elsevier, <https://www.scopus.com>
- *Web of Science – Emerging Sources Citation Index (ESCI)*, Clarivate Analytics, <https://webofknowledge.com>

Artigos Articles

- 7 **JOÃO TROVÃO, ANTÓNIO PORTUGAL**
Evaluation of the antifungal efficiency of biocides currently applied in the Coimbra UNESCO area limestone monuments
Avaliação da eficiência antifúngica de biocidas atualmente aplicados em monumentos calcários da área UNESCO de Coimbra
- 17 **CLARA MOURA SOARES**
A conclusão da Igreja de Santa Engrácia no contexto da valorização do barroco em Portugal e dos princípios das Cartas internacionais de Atenas e Veneza (1953-1966)
The completion of the Church of Santa Engrácia in the context of the valorization of the Baroque style in Portugal and the principles of the international Charters of Athens and Venice (1953-1966)
- 38 **AHMAD ABU-BAKER**
Analytical investigation and electrochemical conservation treatment for archaeological copper alloy artifacts from Jordan
Investigação analítica e tratamento eletroquímico de conservação em bens arqueológicos de liga de cobre da Jordânia
- 56 **PEDRO BARRERO-ORTEGA, ANTONIO GÁMIZ-GORDO**
The Pinelo Palace in Seville: the restoration works by Rafael Manzano between 1969 and 1981
O Palácio Pinelo em Sevilha: as obras de restauro de Rafael Manzano entre 1969 e 1981
- 72 **EMA FIGUEIREDO, LURDES ESTEVES, ALEXANDRE N. PAIS, MÁRCIA VILARIGUES, SUSANA COENTRO**
As cores na azulejaria portuguesa: uma revisão
The colours of Portuguese azulejos: a review
- 81 **SILVIADÍAZ PARRILLA, ANTONIO JESÚS SANCHEZ FERNANDÉZ, JORGE LUIS DE LA TORRE CANTERO**
Aproximación a la metodología HBIM aplicado a la conservación de retablos: dos estudios de casos en Canarias
Uma abordagem à metodologia HBIM aplicada à conservação de retábulos: dois casos de estudonas Canárias
An approach to HBIM methodology applied to the conservation of altarpieces: two case studies in the Canary Islands

Evaluation of the antifungal efficiency of biocides currently applied in the Coimbra UNESCO area limestone monuments

Avaliação da eficiência antifúngica de biocidas atualmente aplicados em monumentos calcários da área UNESCO de Coimbra

JOÃO TROVÃO ^{1*} 
ANTÓNIO PORTUGAL ^{1,2} 

1. Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Calçada Martim de Freitas, 3000-456 Coimbra, Portugal
2. Fitolab-Laboratory for Phytopathology, Instituto Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra, Portugal

*jtrovaosb@gmail.com

Abstract

The application of biocides to control microbial proliferation in stone materials is nowadays a rather common practice. In the Coimbra's UNESCO World heritage monuments, biocide treatments rely on the application of Biotin T and Preventol R80. However, the application of these formulations often occurs without the complete knowledge of microbial communities' susceptibility to their application. The aim of this study was to evaluate the efficiency of these compounds and compare them with a commercial version of *Ocimum basilicum* essential oil, against various fungal species present in these areas. Through the application of *in vitro* antifungal activity assays, we were able to verify that, in general, Biotin T rather than Preventol R80 was more efficient against all tested fungi. In addition, the commercial version of the *Ocimum basilicum* essential oil also exhibited good results and might be an alternative option to be taken into consideration in future interventions in these monuments.

Resumo

A aplicação de biocidas para controlar a proliferação microbiana em materiais rochosos é hoje em dia uma prática bastante comum. Nos monumentos do património mundial da UNESCO de Coimbra, os tratamentos à base de biocidas têm consistido na aplicação de Biotin T e Preventol R80. No entanto, a aplicação dessas formulações ocorre muitas vezes sem o conhecimento completo da suscetibilidade das comunidades microbianas à sua aplicação. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência destes compostos e compará-los com uma versão comercial do óleo essencial de *Ocimum basilicum*, contra várias espécies de fungos presentes nessas áreas. Por meio da aplicação de ensaios de atividade antifúngica *in vitro*, pudemos verificar que, em geral, o Biotin T, comparativamente ao Preventol R80, foi mais eficiente contra todos os fungos testados. Adicionalmente, a versão comercial do óleo essencial de *Ocimum basilicum* também apresentou bons resultados e pode ser uma opção alternativa a ser considerada em futuras intervenções nestes monumentos.

KEYWORDS

Biodeterioration
Biotin T
Fungi
O. basilicum essential oil
Limestones
Preventol R80

PALAVRAS-CHAVE

Biodeterioração
Biotin T
Fungos
Óleo essencial de *O. basilicum*
Calcários
Preventol R80

Introduction

Studies in cultural heritage monuments ultimately aim at providing, improving and evaluating practical solutions that can control microbial proliferation and consequently biodeterioration. The application of biocides to avoid microbial proliferation in stone materials is nowadays a rather common practice [1-3]. While the application of these molecules has long been reported to be highly efficient, their effective application relies on their putative negative impacts for humans, the environment and on the stone itself [1]. Moreover, recolonization after their application is also known to occur, thus often requiring their reapplication over time. In fact, the monitoring of microbial recolonization after the application of the treatment is still a topic being debated and a subject of interest in ongoing studies (e.g., [4]). For this reason, the continuous search for more efficient and greener biocides is still a widely researched topic today [2, 5]. For instance, in a recent study conducted by Marco et al. [6], the authors isolated various fungal species thriving in Portuguese mural paintings and evaluated the efficiency of several commercial biocides and natural essential oils against them. The authors verified that essential oils from *Ocimum basilicum* displayed a strong antifungal efficiency, thus highlighting these molecules as environmentally friendly green biocide alternatives [6].

Upon Coimbra's application for the UNESCO World heritage site recognition, various *in situ* tests aiming for the evaluation of common chemical biocides against biological proliferation were performed. In 2007, the University tower was subjected to various cleaning attempts using both Biotin T and Preventol R80 (now Preventol RI80) at standard concentrations (3 % [w/v]). At the time of application for the UNESCO distinction, the staff responsible for such interventions had verified that no major differences between both products could be detected, although when considering color variations (ΔE), Biotin T was slightly closer to the controls considered. Moreover, they also noted that a trend was observable in areas with lichen colonization, where Preventol R80 was more efficient, while on the walls where fungi and algae were dominant, Biotin T was sometimes more effective (UNESCO executive summary). Both Biotin T (alkyl-benzyl-dimethylammonium chloride and isopropyl alcohol) and Preventol R80 (alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride and isopropanol) have been widely and somewhat efficiently and safely used in the preservation of cultural heritage stone monuments in the past (Preventol R80 has, however, been reported as sometimes causing aesthetic modifications in the stone material) [1, 3]. Various additional interventions attempting the removal of the existing microbial populations with these formulations are still being conducted nowadays in monuments of the Coimbra's UNESCO area. While necessary and welcomed, such tests are still being carried out without taking into account the complete characterization of the proliferating microbial communities and their resistance to such types of interventions. This entails a potential risk for the conservation of such monuments, since it can result in the incomplete removal of microbial populations, while also allowing future recolonization events to take place [7-8]. This threat holds particular problems when considering that, for instance, in the beginning of 2021, full interventions have been scheduled to take place in various monuments in this area (for instance in the Old Cathedral of Coimbra).

From the diversified populations able to colonize stone relics, fungi play crucial roles on their sever and often irreparable biodeterioration [9]. In fact, fungi have nefarious effects on the typical lithotypes applied in these areas [10-13]. Nonetheless, their resistance to the commonly applied biocides in the Coimbra's UNESCO areas remains so far uncharacterized. With this in mind, the aim of this study was to evaluate the efficiency of the above-mentioned Biotin T and Preventol R80 (at the currently standard concentrations applied) against various fungal species previously isolated from monuments in this area [10-11].

Materials and methods

Fungal cultivation, agar disc diffusion testing and statistical analysis

To evaluate the biocides efficiency on fungal proliferation, 13 fungal species were selected for *in vitro* testing, namely *Aspergillus glaucus*, *Aspergillus westerdijkiae*, *Parengyodontium album*, *Penicillium angulare*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium crustosum*, *Penicillium glabrum*, *Penicillium scabrosum*, *Periconia byssoides*, *Stereum hirsutum*, *Trichoderma atroviride* and *Valsaria spartii*. These isolates were previously retrieved from dolomitic and/or Anã limestone monuments in the Coimbra's UNESCO site and identified through morphological and molecular methods [10-11]. Fresh fungal cultures were plated on potato dextrose agar (PDA) and grown in the dark, at room temperature (27 ± 1 °C), for a period of 30 days. After this period, the fungal mycelium was scrapped with a sterile scalpel, placed in sterile deionized water, briefly homogenized with a sterile piston and the concentration adjusted to circa 10^5 cells/ml with the aid of a hemacytometer.

The biocide efficiency of the compounds under testing was evaluated by employing the Agar disc diffusion methodology [14]. For the preparation of both compounds, Biotin T and Preventol R80, were diluted to a concentration of 3 % (w/v) in sterile deionized water. Moreover, due to its extreme viscosity, Preventol R80 dilution was further performed by slightly heating the solution. The efficiency of both compounds was compared with a pure commercial version of *Ocimum basilicum* essential oil (methyl chavicol) (Biover, Belgium). The company produces totally organic oils, obtained by steam distillation, with their composition being characterized through gas chromatography.

Fresh PDA plates were prepared using Petri dishes of 90 mm diameter and the fungal inoculation was performed by the addition of 100 μ l of the previous obtained spore solutions followed by uniform spreading using a microbiology plate spreader. A volume of 25 μ l of each tested compound was inoculated on Whatman antibiotic assay paper discs of 9 mm diameter (Sigma-Aldrich, USA) and placed in the center of the Petri dishes, and the set up incubated at 27 ± 1 °C for a period of fifteen days. Two replicas were considered for each treatment. Upon the ending of the incubation period, the verified halos around colonies were measured, the Petri dishes photographed and the obtained data further processed using the ImageJ software (National Institutes of Health, USA). Statistical analyses for the verified halo areas around fungal development were achieved with two-way ANOVA and Tukey's multiple comparisons tests in GraphPad Prism 8.1 (California USA, www.graphpad.com).

Results

Tested biocides efficiency and statistical analysis

The results concerning the *in vitro* antifungal activity (halo diameters in cm^2) determined for each species tested can be verified in Figure 1. In general, Biotin T denoted the highest inhibitory action against all tested fungi. Additionally, examples of antifungal action can also be seen in Figure 2 and Figure 3.

Through the application of *in vitro* antifungal activity assays, using the Agar disc diffusion method, we were able to verify that, in general, Biotin T rather than Preventol R80, was much more efficient against all tested fungi. In addition, the commercial version of *Ocimum basilicum* (i.e., basil) essential oil (methyl chavicol) also revealed this compound to be generally more effective than Preventol R80. Thus, additional tests evaluating their current efficiency in stone samples are required and advised since, as verified by other authors, this compound might be a valuable, safe and green methodology to be taken into account in the future.

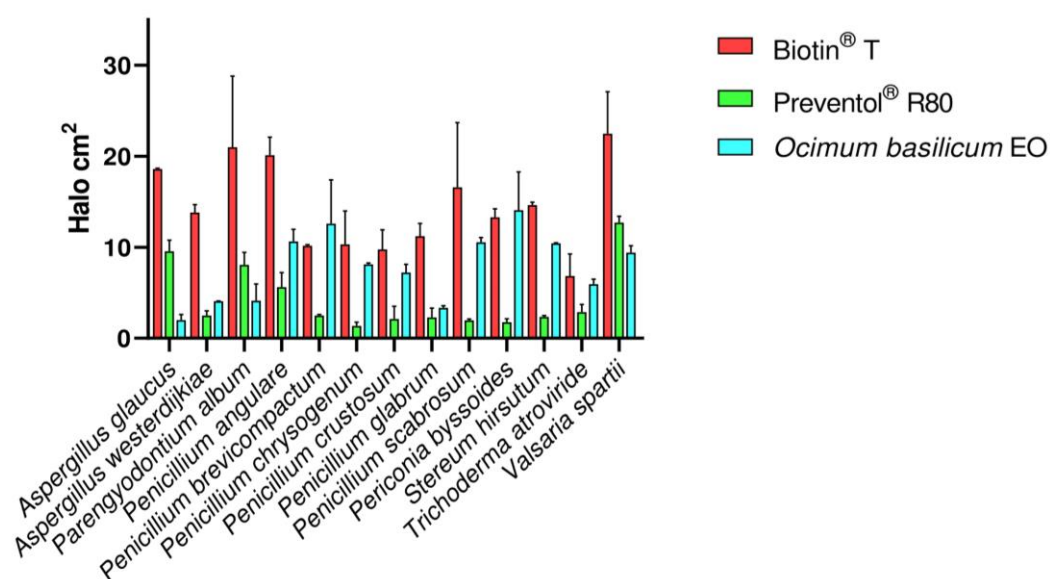


Figure 1. Overall results concerning the verified halo diameter (cm²) for each species tested upon exposure to Biotin T, Preventol R80 and *Ocimum basilicum* essential oil.



Figure 2. Example of a preliminary comparative evaluation of Biotin T and Preventol R80 efficiency against *Penicillium brevicompactum* evaluated through the Agar disc diffusion method.

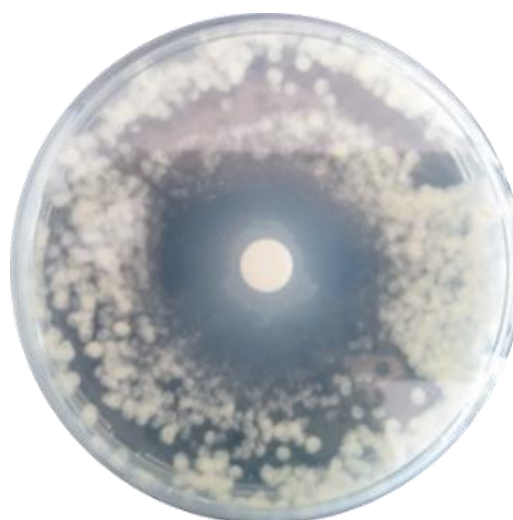


Figure 3. Example of the efficiency of *O. basilicum* essential oil evaluated through the Agar disc diffusion method.

Particularly Biotin T sensitive fungi were *A. glaucus*, *P. album*, *P. angulare*, *P. scabrosum* and *V. spartii*. In parallel, and with only a few exceptions (e.g., *A. glaucus*, *P. album* and *V. spartii*), Preventol R80 exhibited the lowest inhibitory action. Complementarily, the *Ocimum basilicum* essential oil was somewhat highly efficient against almost all fungi. Particularly sensitive to this compound were *P. angulare*, *P. brevicompactum*, *P. scabrosum*, *P. byssoides*, *S. hirsutum* and *V. spartii*.

The results obtained for the statistical analysis can be verified in Table 1 to Table 3. The Two-way ANOVA results revealed highly significant statistical differences between each species (19.72 % of total variation), but also noteworthy variances among the three tested compounds (49.05 % of total variation). Moreover, a highly significant statistical difference could also be verified for the interaction analysis (the response of each species to each treatment) (23.39 % of total variation).

Table 1. Two-way ANOVA summary results obtained for the *in vitro* antifungal activity assays.

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	23.39	< 0.0001	****	Yes
Row Factor (Species)	19.72	< 0.0001	****	Yes
Column Factor (Compound)	49.05	< 0.0001	****	Yes

* level of significance.

Table 2. Two-way ANOVA table obtained for the *in vitro* antifungal activity assays.

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	Interaction	668.9	24	27.87	F (24,39) = 4.849
Row Factor	Row Factor	563.8	12	46.98	F (12,39) = 8.175
Column Factor	Column Factor	143	2	701.3	F (2,39) = 122.0
Residual	Residual	224.1	39	5.747	

Through the analysis of the Tukey's multiple comparisons tests, further details concerning the impacts of each tested compound in each species could also be verified (Table 3). When considering the efficiency of Biotin T compared with Preventol R80, all species, with the exception to *T. atroviride*, exhibited statistical differences. Particularly, differences were mainly accentuated in *A. westerdijkiae*, *P. album*, *P. angulare*, *P. scabrosum*, *P. byssoides* and *S. hirsutum*. On the other hand, when considering the efficiency of Biotin T compared with the *Ocimum basilicum* essential oil, for six species (*P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. crustosum*, *P. byssoides*, *S. hirsutum* and *T. atroviride*) no statistical differences could be detected. Nonetheless, particularly high statistical differences were observed for *A. glaucus*, *P. album* and *V. spartii*. Lastly, when considering the efficiency of Preventol R80 compared with *Ocimum basilicum*, for seven species (*A. westerdijkiae*, *P. album*, *P. angulare*, *P. crustosum*, *P. glabrum*, *T. atroviride*, and *V. spartii*) no statistical differences could be detected. For this case, statistical differences were particularly accentuated solely for the case of *P. byssoides*.

Discussion and Conclusion

This study aimed at evaluating the efficiency of the currently applied *in situ* preservation strategies at the Coimbra's UNESCO World heritage site, under laboratory conditions. The data obtained during the course of this work provides updated information concerning the susceptibility against chemical compounds of fungal species present in these areas. As such, this work also provides valuable data that can help to improve, in a practical and applied manner, the conservation and preservation of these cultural heritage relics.

The pioneer study in this area was conducted in the University tower and employed Biotin T and Preventol R80 at standard concentrations (3 % [w/v]) against complex and diversified microbial proliferations (UNESCO executive summary). These procedures were conducted by initial brushing, and subsequently by through a tri-phasic approach: initial Preventol R80 application, followed by a second differentiated application using Biotin T, and a final re-application with Preventol R80. In a recent study, Favero-Longo et al. [15] demonstrated that in lichens, application of biocides (Preventol RI80) using cellulose poultices was more effective than brushing, thus highlighting that the application protocol impacts the effectiveness of biocides. Further studies are pending regarding the impacts that can occur when considering fungal communities. However, they are here highlighted as being of crucial importance, in

order to further understand these organisms' responses to the treatments currently applied in the Coimbra's UNESCO areas.

Table 3. Details of the Tukey's multiple comparisons tests.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff	95,00% CI of diff	Significant?	Summary	Adjusted P Value
<i>Aspergillus glaucus</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	9.019	3.178 to 14.860	Yes	**	0.0016
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	16.580	74 to 22.420	Yes	****	<0.0001
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	7.560	1.719 to 13.40	Yes	**	0.0085
<i>Aspergillus westerdijkiae</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	11.310	5.470 to 17.150	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	9.743	3.902 to 15.580	Yes	***	0.0006
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-1.569	-7.409 to 4.272	No	ns	0.7911
<i>Parengyodontium album</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	12.92	7.078 to 18.760	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	16.88	11.04 to 22.720	Yes	****	<0.0001
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	3.957	-1.884 to 9.798	No	ns	0.2371
<i>Penicillium angulare</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	14.50	8.659 to 20.340	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	9.489	3.648 to 15.330	Yes	***	0.0009
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-5.011	-85.0 to 0.830	No	ns	0.1050
<i>Penicillium brevicompactum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	7.685	1.844 to 13.530	Yes	**	0.0074
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-2.401	-8.242 to 3.439	No	ns	0.5802
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-10.090	-15.930 to -4.246	Yes	***	0.0004
<i>Penicillium chrysogenum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	8.976	3.135 to 14.820	Yes	**	0.0017
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	2.187	-3.654 to 8.027	No	ns	0.6360
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-6.789	-12.630 to -0.948	Yes	*	0.0195
<i>Penicillium crustosum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	7.645	1.804 to 13.490	Yes	**	0.0078
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	2.544	-3.297 to 8.384	No	ns	0.5436
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-5.101	-94.0 to 0.739	No	ns	0.0973
<i>Penicillium glabrum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	8.906	3.065 to 14.750	Yes	**	0.0018
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	7.865	2.024 to 13.710	Yes	**	0.0061
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-1.041	-6.882 to 4.800	No	ns	0.9016
<i>Penicillium scabrosum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	14.600	8.763 to 20.440	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	6.036	0.195 to 11.880	Yes	*	0.0415
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-8,568	-14.410 to -2.727	Yes	**	0.0027
<i>Periconia byssoides</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	11,520	5.684 to 17.370	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-0.779	-6.620 to 5.061	No	ns	0.9435
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-12.300	-18.140 to -6.463	Yes	****	<0.0001
<i>Stereum hirsutum</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	12.280	6.442 to 18.120	Yes	****	<0.0001
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	4.189	-1.652 to 10.030	No	ns	0.2009
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-8.095	-13.940 to -2.254	Yes	**	0.0047
<i>Trichoderma atroviride</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	3.945	-1.896 to 9.785	No	ns	0.2391
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	0.895	-4.946 to 6.736	No	ns	0.9262
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	-3.049	-8.890 to 2.791	No	ns	0.4192
<i>Valsaria spartii</i>					
Biotin T vs. Preventol R8o	9.776	3.935 to 15.620	Yes	***	0.0006
Biotin T vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	13.060	7.220 to 18.900	Yes	****	<0.0001
Preventol R8o vs. <i>Ocimum basilicum</i> EO	3.285	-2.556 to 9.126	No	ns	0.3661

* level of significance.

When considering the results obtained during the course of this work, in general, Biotin T denoted the highest inhibitory action against all tested fungi. Nonetheless, when considering

T. atroviride no statistical differences were observed when compared with Preventol R80. Thus, similarities regarding this species susceptibility to both compounds should be expected. The overall results are in accordance with what the staff initially observed – i.e., higher Biotin T efficiency in zones where fungi and algae were dominant in the University tower. Moreover, these results are also in accordance with the currently available literature [1]. For instance, in a recent study, Li et al. [16] showed that isothiazolone (present in Biotin T) was more effective than benzalkonium chloride (present in Preventol R80) in the removal of *Aspergillus niger*, *Colletotrichum acutatum* and *Penicillium oxalicum* thriving in Feilaifeng limestones in Hangzhou, China. Moreover, Sanmartín and Carballeira [4], while working to evaluate the effects of similar biocidal treatments in heterotrophic microbial communities in the Monastery of San Martiño Pinario (Santiago de Compostela, Spain), also verified that Biotin T was the most effective treatment against fungal species. Additionally, Mateus et al. [17] also observed a good Biotin T efficiency against fungi retrieved from limestone walls of the unfinished Sacristy of the Convent of Christ (Tomar, Portugal). Nonetheless, it is also noteworthy to mention that while working on churches in Segovia (Spain), de los Ríos et al. [18] noticed that Biotin T application resulted in a cleaner stone surface, although unfortunately fungal hyphae were detected after two months of treatment application. Contrastingly, the works from Coutinho et al. [19] and of Vannini et al. [20], reported a higher efficiency of Preventol R80 rather than Biotin T [1]. As pointed by Li et al. [16], differences in the biocides additives and ratios may have a contribution for these differential results. Nonetheless, putative differences occurring due to differential species resistance mechanisms should also be taken into consideration, since they have, so far, barely been studied in detail. Nevertheless, taking into account the results obtained during the course of this work, *A. westerdijkiae*, *P. album*, *P. angulare*, *P. scabrosum*, *P. byssoides* and *S. hirsutum* were particularly susceptible to this compound, and thus good results might be expected if they are applied in areas where these fungal species are somewhat dominant. Complementarily, when considering the efficiency of Biotin T when compared to *Ocimum basilicum*, no statistical differences were detected for *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *P. crustosum*, *P. byssoides*, *S. hirsutum* and *T. atroviride* and similar antifungal spectrums might be expected. Nonetheless, due to the statistical differences verified, the application of Biotin T rather than *Ocimum basilicum* will likely be more efficient for cases with significant contamination by *A. glaucus*, *P. album* and *V. spartii*.

Regarding the usefulness of Preventol R80, the currently available literature points to various differential results [1]. Blazquez et al. [21] reported concentrations of 1 to 2 % as being efficient against microorganisms isolated from historic monuments. However, Monte et al. [22] noted that while working with microorganisms from frescoes, Preventol R80 concentrations of 10 % were the only ones able to effectively kill fungal species. Moreover, similar results were noted by Sanmartín and Carballeira [4], who verified that Preventol R180 was ineffective for the removal of *Eutypa* sp. In addition, Marco et al. [6] also noted that Preventol R80 needed higher concentrations to reproduce similar results to the ones obtained with *Ocimum basilicum* essential oils. The results obtained during the course of this study highlight that for the species *A. westerdijkiae*, *P. album*, *P. angulare*, *P. crustosum*, *P. glabrum*, *T. atroviride*, and *V. spartii*, no statistical differences could be detected and, therefore, similarities in their antifungal spectrum might be somehow expected. Nonetheless, the obtained results also denoted that Preventol R80 exhibited the lowest antifungal activities. Nevertheless, some particularly Preventol R80 sensitive fungi could also be verified (*A. glaucus*, *P. album* and *V. spartii*). In parallel, the results also highlighted that, when compared, *Ocimum basilicum* rather

than Preventol R80 will likely be more effective in dealing with cases of high contamination by *P. byssoides*.

Concerning the application of the *Ocimum basilicum* essential oil, the results revealed it to be somewhat highly efficient against almost all fungi. In addition, this compound might be particularly useful in cases of heavy *P. angulare*, *P. brevicompactum*, *P. scabrosum*, *P. byssoides*, *S. hirsutum* and *V. spartti* contamination. However, as pointed above, for the cases of *A. glaucus*, *P. album* and *V. spartti*, they might not display a high effectiveness. Nonetheless, the results obtained are in accordance with the findings of Marco et al. [6], who found a high antifungal efficiency for freshly extracted *Ocimum basilicum* essential oils. As such, additional studies aiming to further evaluate the most relevant chemical fractions (see for example [23]) and to understand possible differences between extracted and commercial version of such oils are needed. Moreover, in *Ocimum basilicum*, particular relevance should also be given to the extraction procedures conducted, the plant material origin and environmental factors, particularly considering that they are known to greatly affect the essential oil composition [24–25]. Nonetheless, the results obtained in this work demonstrate that the methyl chavicol extracts present in the commercial version of *Ocimum basilicum* essential oil might be a valuable and interesting greener alternative to be taken into consideration on further works aiming to protect stone monuments against fungal biodeteriorative action. Being a phenylpropene this compound can contribute to fungal oxidative stress [26] and plasma membrane alterations [27]. Nonetheless, further studies concerning their action mechanisms when considering, for instance, the tested species are also still needed and advised.

In parallel, and considering the results obtained, small changes in the currently tri-phasic biocides application can also be suggested. As such, in areas with high fungal contamination and/or notorious biodeterioration phenomena resulting from their action, the consideration to either increase Preventol R80 concentration or in parallel the workflow to include a possible forth phase with Biotin T might also be valuable hypothesis, requiring further analysis. On the other hand, if the application of essential oils is considered for these areas, alternative application methods should also be taken into account (in parallel to brushing or even the previously suggested application of cellulose poultices). For this purpose, protective coatings containing the encapsulated natural biocides might be a valuable alternative, since they have been recently demonstrated to be effective and compatible with various stone types [28]. Nonetheless, as pointed by Cappitelli et al. [2], if a biocide approach is planned to control microbial growth on a heritage surface, *in situ* pilot and small-scale testing are often necessary not only to attune the treatment but also to evaluate nefarious consequences of their application on the stone substrate. An additional aspect also requires attention and is related with the necessity of biocide reapplication. At first, this entails the systematic introduction of possible threats to the material, but might also contribute to the development of microorganism's biocide resistance or the development of more harmful populations (since they now have available niches often rich in micronutrients and lack competition) that can lead to future more severe, and difficult to control, outbreaks [5, 29]. Recolonization is generally expected and, as such, the selected biocide employed, the manner in which it is applied, as well as the material nature, its overall state of conservation and what alternative methodologies are available, should always be pondered in the process leading to the intervention. As such, additional studies concerning the putative negative impacts of all tested biocides on different lithotypes are also needed.

Acknowledgements

This work was financed by FEDER- Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional funds through the COMPETE 2020-Operational Programme for Competitiveness and Internationalisation (POCI), and by Portuguese funds through FCT-Fundação para a Ciência e a Tecnologia in the framework of the project POCI-01-0145-FEDER-PTDC/EPH-PAT/3345/2014. This work was carried out at the R&D Unit Centre for Functional Ecology - Science for People and the Planet (CFE), with reference UIDB/04004/2020, financed by FCT/MCTES through national funds (PIDDAC). João Trovão was supported by POCH - Programa Operacional Capital Humano (co-funding by the European Social Fund and national funding by MCTES), through a "FCT- Fundação para a Ciência e Tecnologia" PhD research grant (SFRH/BD/132523/2017).

REFERENCES

1. Pinna, D., *Coping with biological growth on stone heritage objects: methods, products, applications, and perspectives*, AAP Apple Academic Press, Oakville (2017).
2. Cappitelli, F.; Cattò, C.; Villa, F., 'The Control of Cultural Heritage Microbial Deterioration', *Microorganisms* **8** (2020) 1542, <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101542>.
3. Lo Schiavo, S.; De Leo, F.; Urzì, C., 'Present and Future Perspectives for Biocides and Antifouling Products for Stone-Built Cultural Heritage: Ionic Liquids as a Challenging Alternative', *Applied Sciences* **10** (2020) 6568, <https://doi.org/10.3390/app10186568>.
4. Sanmartín, P.; Carballeira, R., 'Changes in heterotrophic microbial communities induced by biocidal treatments in the Monastery of San Martiño Pinario (Santiago de Compostela, NW Spain)', *International Biodeterioration and Biodegradation* **156** (2021) 105130, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105130>.
5. Fidanza, M. R.; Caneva, G., 'Natural biocides for the conservation of stone cultural heritage: A review', *Journal of Cultural Heritage* **38** (2019) 271-286, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.01.005>.
6. Marco, A.; Santos, S.; Caetano, J.; Pintado, M.; Vieira, E.; Moreira, P. R., 'Basil essential oil as an alternative to commercial biocides against fungi associated with black stains in mural painting', *Building and Environment* **167** (2020) 106459, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106459>.
7. Scheerer, S., *Microbial Biodeterioration of Outdoor Stone Monuments. Assessment Methods and Control Strategies*, Cardiff University, Cardiff (2008).
8. Doehne, E.; Price, C. A., *Stone Conservation: An Overview of Current Research*, 2nd ed., The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2010).
9. Sterflinger, K., 'Fungi: Their role in deterioration of cultural heritage', *Fungal Biology Reviews* **24** (2010) 47-55, <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.03.003>.
10. Trovão, J.; Portugal, A.; Soares, F.; Paiva, D. S.; Mesquita, N.; Coelho, C.; Pinheiro, A. C.; Catarino, L.; Gil, F.; Tiago, I., 'Fungal diversity and distribution across distinct biodeterioration phenomena in limestone walls of the old cathedral of Coimbra, UNESCO World Heritage Site', *International Biodeterioration & Biodegradation* **142** (2019) 91-102, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.05.008>.
11. Trovão, J.; Gil, F.; Catarino, L.; Soares, F.; Tiago, I.; Portugal, A., 'Analysis of fungal deterioration phenomena in the first Portuguese King tomb using a multi-analytical approach', *International Biodeterioration & Biodegradation* **149** (2020) 104933, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.104933>.
12. Trovão, J.; Tiago, I.; Catarino, L.; Gil, F.; Portugal, A., 'In vitro analyses of fungi and dolomitic limestone interactions: bioreceptivity and biodeterioration assessment', *International Biodeterioration & Biodegradation* **155** (2020) 105107, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105107>.
13. Trovão, J.; Soares, F.; Tiago, I.; Catarino, L.; Portugal, A.; Gil, F., 'A contribution to understand the Portuguese emblematic Ançã limestone bioreceptivity to fungal colonization and biodeterioration', *Journal of Cultural Heritage* **49** (2021) 305-312, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.04.003>.
14. Bauer, A.; Perry, D. M.; Kirby, W. M. M., 'Single disc antibiotic sensitivity testing of *Staphylococci*', *A.M.A. Archives of Internal Medicine* **104** (1959) 208-216, <https://doi.org/10.1001/archinte.1959.00270080034004>.
15. Favero-Longo, S. E.; Vannini, A.; Benesperi, R.; Bianchi, E.; Fačkovcová, Z.; Giordani, P.; Malaspina, P.; Martire, L.; Matteucci, E.; Paoli, L.; Ravera, S.; Roccardi, A.; Tonon, C.; Loppi, S., 'The application protocol impacts the effectiveness of biocides against lichens', *International Biodeterioration and Biodegradation* **155** (2020) 105105, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105105>.
16. Li, T.; Hu, Y.; Zhang, B., 'Evaluation of efficiency of six biocides against microorganisms commonly found on Feilailong Limestone, China', *Journal of Cultural Heritage* **43** (2020) 45-50, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.11.006>.
17. Mateus, D. M. R.; Silva, R. B.; Costa, F. M. C.; Coroado, J. P. F., 'Microbiological diversity in the Unfinished Sacristy building of the Convent of Christ, Tomar, and evaluation of its biocide-based control', *Conservar Património* **17** (2013) 11-20, <https://doi.org/10.14568/cp2012005>.
18. de Los Ríos, A.; Cámara, B.; García Del Cura, M. A. A.; Rico, V. J.; Galván, V.; Ascaso, C., 'Deteriorating effects of lichen and microbial colonization of carbonate building rocks in the Romanesque churches of Segovia, Spain', *Science of the Total Environment* **407** (2009) 1123-1134, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.042>.
19. Coutinho, M. L.; Miller, A. Z.; Martin-Sanchez, P. M.; Mirão, J.; Gomez-Bolea, A.; Machado-Moreira, B.; Cerqueira-Alves, L.; Jurado, V.; Saiz-Jimenez, C.; Lima, A.; Phillips, A. J. L.; Pina, F.; Macedo, M. F., 'A multiproxy approach to evaluate biocidal treatments on biodeteriorated majolica glazed tiles', *Environmental Microbiology* **18** (2016) 4794-4816, <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13380>.

20. Vannini, A.; Contardo, T.; Paoli, L.; Scattoni, M.; Favero-Longo, S. E.; Loppi, S., 'Application of commercial biocides to lichens: Does a physiological recovery occur over time?', *International Biodeterioration and Biodegradation* **129** (2018) 189-194, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.02.010>.
21. Blazquez, A. B.; Lorenzo, J.; Flores, M.; Gómez-Alarcón, G., 'Evaluation of the effect of some biocides against organisms isolated from historic monuments', *Aerobiologia* **16** (2000) 423-428, <https://doi.org/10.1023/A:1026562407821>.
22. Monte, M.; Ferrari, R.; Lonati, G.; Malagodi, M., 'Biocidal Activity on Microbic Bio- Deteriogens and on Frescoes', in *Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, Elsevier, Paris (2000), 633-639.
23. Fierascu, I.; Ion, R.-M.; Radu, M.; Dima, Ş.-O.; Suica-Bunghez, I.-R.; Avramescu, S.; Fierascu, R., 'Comparative study of antifungal effect of natural extracts and essential oils of *Ocimum basilicum* on selected artefacts', *Revue Roumaine de Chimie* **59** (2014) 207-211.
24. Hussain, A.I.; Anwar, F.; Hussain Sherazi, S.T.; Przybylski, R., 'Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations', *Food Chemistry* **108** (2008) 986-995, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.010>.
25. Avetisyan, A.; Markosian, A.; Petrosyan, M.; Sahakyan, N.; Babayan, A.; Aloyan, S.; Trchounian, A., 'Chemical composition and some biological activities of the essential oils from basil *Ocimum* different cultivars', *BMC Complementary Medicine and Therapies* **17** (2017) 60, <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1587-5>.
26. Khan, A.; Ahmad, A.; Akhtar, F.; Yousuf, S.; Xess, I.; Khan, L. A.; Manzoor, N., 'Induction of oxidative stress as a possible mechanism of the antifungal action of three phenylpropanoids', *FEMS Yeast Research* **11** (2011) 114-122, <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2010.00697.x>.
27. Khan, A.; Ahmad, A.; Akhtar, F.; Yousuf, S.; Xess, I.; Khan, L. A.; Manzoor, N., '*Ocimum sanctum* essential oil and its active principles exert their antifungal activity by disrupting ergosterol biosynthesis and membrane integrity', *Research in Microbiology* **161** (2010) 816-823, <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.09.008>.
28. Zuena, M.; Ruggiero, L.; Caneva, G.; Bartoli, F.; Ventura, G. D.; Ricci, M. A.; Sodo, A., 'Assessment of Stone Protective Coatings with a Novel Eco-Friendly Encapsulated Biocide', *Coatings* **11** (2021) 1109, <https://doi.org/10.3390/coatings11091109>.
29. Salvadori, O.; Charola, A. E., 'Methods to Prevent Biocolonization and Recolonization: An Overview of Current Research for Architectural and Archaeological Heritage', in *Biocolonization of Stone: Control and Preventive Methods: Proceedings from the MCI Workshop Series*, eds. A. Elena Charola, Christopher McNamara and Robert J. Koestler, Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington (2011) 37-50.

RECEIVED: 2021.7.19

REVISED: 2021.10.22

ACCEPTED: 2022.5.11

ONLINE: 2023.4.5



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>

A conclusão da Igreja de Santa Engrácia no contexto da valorização do barroco em Portugal e dos princípios das Cartas internacionais de Atenas e Veneza (1953-1966)

The completion of the Church of Santa Engrácia in the context of the valorization of the Baroque style in Portugal and the principles of the international Charters of Athens and Venice (1953-1966)

CLARA MOURA SOARES 

ARTIS – Instituto de História da Arte, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Alameda da Universidade 1600-214 Lisboa, Portugal

claramourasoes@letras.ulisboa.pt

Resumo

O presente artigo visa enquadrar, nacional e internacionalmente, os critérios de intervenção adotados na Igreja de Santa Engrácia, quando, em pleno regime do Estado Novo, se decide concluir o inacabado edifício barroco, interrompido há mais de dois séculos. No desafio então encarado revelaram-se fundamentais os avanços da História da Arte, em particular o novo estatuto conferido ao barroco português a partir dos anos de 1950, e o conhecimento dos princípios para a conservação e restauro do património difundidos nas Cartas de Atenas (1931) e de Veneza (1964). Tais circunstâncias conjugadas, onde pudemos documentar a colaboração interdisciplinar entre arquiteto e historiador da arte, reforçam a condição de Santa Engrácia como um exemplo paradigmático de restauro monumental em Portugal, no âmbito da ação da Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), sob a máxima amplamente difundida desde a Carta de Atenas de que “cada caso é um caso”.

Abstract

This article aims to frame, nationally and internationally, the intervention criteria adopted in the Church of Santa Engrácia, when, in the midst of the Estado Novo regime, it was decided to complete the unfinished Baroque building, interrupted more than two centuries ago. In the challenge faced, the advances of the History of Art proved to be fundamental, in particular the new status given to the Portuguese Baroque from the 1950s onwards, and the knowledge of the principles for the conservation and restoration of heritage disseminated, both, in the Athens (1931) and in the Venice (1964) Charters. These combined circumstances, in which we documented the interdisciplinary collaboration between architect and art historian, reinforce Santa Engrácia's condition as a paradigmatic example of monumental restoration in Portugal, coordinated by the Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais [General Directorate of National Buildings and Monuments] (DGEMN), under the maxim widely spread since the Athens Charter that “each case is a particular case”.

PALAVRAS-CHAVE

Estado Novo
Portugal Restauro de monumentos
Cartas internacionais
História da Arte
Arquitetura Barroca
Igreja de Santa Engrácia

KEYWORDS

Estado Novo
Portugal Restoration of monuments
International Charters
History of Art
Baroque architecture
Church of Santa Engrácia

Introdução

Não é objetivo deste estudo analisar a obra barroca protagonizada pelo “insigne arquiteto” João Antunes (1643-1712) na Igreja de Santa Engrácia, em Lisboa, que deixamos para os especialistas na matéria. Pretendemos, sim, identificar os contributos de conhecidos estudiosos para o conhecimento e valorização da arquitetura barroca em Portugal, e em particular da Igreja de Santa Engrácia, relacionando-os com o processo de intervenção no monumento e com os critérios adotados que permitiram a sua conclusão mais de 250 anos depois da obra ter sido suspensa. Neste contexto, destacam-se os estudos de Reynaldo dos Santos (1880-1970), Ayres de Carvalho (1911-1997) e Maia Ataíde (1912-2003), mas também do professor e historiador da arte americano Robert Chester Smith (1912-1975), a quem devemos o início do reconhecimento da arte barroca portuguesa e os primeiros estudos científicos sobre o tema [1-2]. Quanto às diversas propostas de intervenção no edifício apresentados no âmbito da ação da DGEMN, revelou-se basilar a cumplicidade profissional estabelecida entre o arquiteto Luís Benavente (1902-1993) e o historiador da arte Ayres de Carvalho, numa parceria que testemunha mudanças no processo de atuação de alguns dos técnicos daquele organismo público. Luís Benavente, então Diretor do Serviço de Monumentos da Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, em 1953, apresentou duas propostas de acabamento inspiradas na Basílica de São Pedro do Vaticano. A localização de alguma correspondência inédita trocada entre Benavente e Ayres de Carvalho permitiu conhecer melhor o processo de elaboração das suas propostas e comprovar o lugar distinto conferido no processo à história da arte, mesmo numa altura em que esta era ainda empírica entre nós. Embora não tenha sido o projeto selecionado, recaindo a escolha sobre a proposta do arquiteto Luís Amoroso Lopes, reflete um novo *modus operandi* nos processos de atuação de alguns técnicos da DGEMN, eco das orientações internacionais discutidas no âmbito da Sociedade das Nações (Carta de Atenas, 1931) e depois da UNESCO (Carta de Veneza, 1964), a que o projeto eleito também não foi alheio.

Robert Smith: impulsionador do estudo e valorização do barroco português

Com a criação da DGEMN, em 1929, foi estabelecido um programa de intervenção nos monumentos nacionais que privilegiou os edifícios ligados ao berço da nacionalidade, ou seja, pertencentes a um passado medieval dominado pelo estilo românico, que se estendeu também ao gótico e ao manuelino, a “idade de ouro” dos descobrimentos marítimos, num quadro de exaltação de valores nacionalistas [3]. Era sobre os edifícios desses períodos que também iam avançando os estudos de História da Arte, procurando-se testemunhar a antiguidade da nação e exaltar determinados factos e personalidades do agrado do regime. A decisão de se investir tempo e dinheiro num edifício barroco resultou de circunstâncias particulares, como o desejo do chefe do governo, António de Oliveira Salazar (1889-1970), de terminar de vez com o mito de incapacidade em que as obras de Santa Engrácia se tinham transformado, pondo-se fim ao mau efeito provocado por um edifício arruinado e por terminar, numa altura em que já se encontravam restaurados ou em fase adiantada as intervenções nos monumentos eleitos [4]; e em que se amplia o conhecimento e valorização do estilo barroco, nomeadamente através do impulso dado pelos estudos desenvolvidos pelo historiador da arte americano Robert Chester Smith.

Robert Smith, veio a Portugal, pela primeira vez, em 1934, com uma bolsa de estudo concedida pela Universidade de Harvard, para investigar, no âmbito do seu Doutoramento, o arquiteto de Mafra, João Frederico Ludovice [5]. Dando início à sua carreira de historiador da arte a partir dos temas portugueses e do nosso património, passaria muitas temporadas na “adorada terra portuguesa”, como lhe chamava, desenvolvendo as mais importantes investigações da sua carreira [5].

Em Portugal, nos anos 30-40, os estudos de História da Arte focavam-se na época medieval, sobretudo na arquitetura românica, deixando espaço apenas para algumas incursões pelo gótico, pelo renascimento e pelos designados "primitivos portugueses", contemplando estes últimos a pintura portuguesa dos séculos XV e XVI [3]. Tão desconsiderado, como desconhecido, criticava-se o estilo barroco, particularmente a arquitetura, pela excessiva liberdade das suas formas e pela ausência de função e de racionalidade das suas estruturas [6]. "Estranha arte", designa-a, Armando de Lucena, que "sob o ponto de vista artístico... é tudo aquilo em que a forma não corresponde à função" [6].

Na verdade, o anátema que pairava sobre a época do *Rei Magnânimo*, D. João V, conotado com o esbanjamento e a insensatez, impediam que o período alcançasse afeição, numa historiografia nacional, cujo horizonte estacava no século XVI e numa certa ideia de portugalidade [7].

É pela mão de estudiosos estrangeiros que o barroco português recebe o reconhecimento que hoje lhe conferimos, e que alcança dimensão internacional. Logo em 1936, Robert Smith escreve o conhecido ensaio *João Frederico Ludovice, an eighteenth century architect in Portugal*, que publica no *Art Bulletin* de Chicago. Já o historiador da arte italiano Giuseppe Fiocco (1884-1971), num volume com o qual a *Reale Accademia d'Italia* se associou às celebrações dos Centenários de 1940 (comemorações da Fundação do Estado Português, em 1140, e da Restauração da Independência face a Castela, em 1640), escreve um ensaio, que intitula *L'influenza del Rinascimento e del Barocco italiano nell'arte portoghese* [8], colocando o enfoque na arte italiana.

Depois disso, o XVI Congresso Internacional de História da Arte, realizado nas cidades de Lisboa e Porto, em 1949, consubstanciou um momento de viragem, permitindo a consagração da investigação da arte barroca nacional, com intervenções de Emilio Lavagnino, Germain Bazin e Robert Smith [9]. Para Reynaldo dos Santos, Presidente do evento, a abordagem do barroco português e da sua expansão brasileira foi mesmo uma *conquête de ce Congrès pour l'Histoire Générale de l'Art* [9]. Uma conquista que se prolongaria a Washington, no ano seguinte, no âmbito do I Colóquio Internacional de Estudos Luso-Brasileiros, e aos encontros congêneres que lhe sucederam, nomeadamente ao III Colóquio Internacional de Estudos Luso-Brasileiros que decorreu em Lisboa, em 1957, no Instituto Superior Técnico, e que teve o alto patrocínio do Presidente da República, General Craveiro Lopes. É o próprio Reynaldo dos Santos a assumir no congresso de Washington (1950) que a arquitetura barroca em Portugal é "um tema que só recentemente iniciou as suas investigações e análises..." [10]. Até então, "a história do nosso barroco, [encontrava-se]... ainda por fazer" [11] (Figura 1).



Figura 1. Foto da sessão inaugural do Congresso de História da Arte de 1949, ANTT, *Empresa Pública Jornal Século*, Álbum 100-1949, Foto 305-Z, 18-4-1949. PT-TT-EPJS-SF-001-001-0100-0305Z (imagem cedida pelo ANTT).

A celebração do segundo centenário da morte de D. João V, em 1950, constituiu renovado pretexto para a promoção do barroco português, através de conferências sobre o tempo do *Magnânimo* e de uma exposição, no Palácio Galveias, intitulada *Lisboa Joanina*, onde se exibiram centenas de peças de “carácter artístico e documental”.

Da arquitetura, na qual se reconhecia uma “monumentalidade de proporções e riqueza de execução, desconhecidos em Portugal desde a época manuelina” [12], e uma “originalidade própria” [13], passou-se à valorização da escultura e das artes decorativas, sobretudo do azulejo, da talha e do mobiliário barrocos.

É neste contexto, de crescente indagação e debate em torno do barroco, que se insere o *I Colóquio Internacional de Arte*, que teve lugar no Museu Machado de Castro, em Coimbra, no ano de 1958 (3 a 8 de julho), completado por uma exposição temporária de arte barroca [14]. Inaugura-se, assim, sob direção de Luís Reis Santos, então professor de história da arte na Universidade de Coimbra e diretor do referido museu, um ciclo de conferências que se pretendia multitemático. O *II Colóquio Internacional de Arte*, e último, que teve lugar em 1954, foi consagrado ao Renascimento [15]. No encontro inaugural, onde estiveram presentes mais de cinco dezenas de especialistas, nacionais e estrangeiros, de dez países, debateram-se as características do estilo barroco e exibiram-se, numa exposição de arte, peças dos séculos XVII e XVIII destinadas a caracterizar a cultura e a mentalidade do tempo [16]. Mais uma vez, coube a Robert Smith representar a arte portuguesa, através da comunicação *A propósito do Barroco português*, ainda que em substituição de Reynaldo dos Santos que, por doença, não pôde apresentar a sua conferência sobre a *Concepção do Barroco* [16].

O reconhecimento e valorização do estilo barroco, registados a partir de finais dos anos 40, em Portugal, acabariam por ter as suas consequências, ao nível dos estudos, com Reynaldo dos Santos assumir a dianteira, e da salvaguarda da arte e dos monumentos dos séculos XVII e XVIII, invertendo a tendência precedente de exaltação quase exclusiva da arte medieval.

A Igreja de Santa Engrácia na historiografia da arte

A igreja de Santa Engrácia, cuja obra se iniciou em 1681, é um edifício barroco, de planta centralizada, em cruz grega, singular no contexto da arquitetura nacional, que por circunstâncias várias permaneceu inacabado durante mais de dois séculos. A sua filiação artística, o seu estado incompleto e a múltiplas utilizações que foi recebendo ao longo do tempo, desvirtuando a função para que fora concebida, contribuíram para o prolongado desinteresse da historiografia da arte portuguesa por aquele edifício.

Em 1896, Ramalho Ortigão testemunha que em “Lisboa repudia-se a soberba igreja de Santa Engrácia”. Contra a corrente, Ortigão opõe rasgados elogios, considerando-a mesmo “o mais bello dos nossos monumentos do seculo XVII. Acrescenta ainda que o interior do templo é de uma magnificencia magestosa. A riqueza dos mármoreos somente se pode comparar à de Mafra. A mão d’obra é de uma perfeição magistral a ponto de parecer indestructivel” [17] (Figura 2).

Apesar de tais elogios, de se tratar de um Monumento Nacional desde 1907, e de ter sido consagrada na lei como Panteão da Pátria, em 1916 [18], a Igreja de Santa Engrácia não conseguiu, durante décadas, estimular o conhecimento sobre a sua história ou do seu arquiteto, nem sequer a sua conclusão, permanecendo sem solução de cobertura até 1966.

A partir dos anos 30, várias foram as comissões nomeadas para estudar e adaptar a igreja de Santa Engrácia a panteão, mas os resultados tardaram em aparecer. Cremos que a situação é sintomática da desconsideração quase unânime nutrida por um monumento inacabado e cuja conclusão não se afigurava nada fácil, sobretudo pela falta de domínio do seu estilo artístico (Figura 3).



Figura 2. Igreja de Santa Engrácia, antes das obras, vista do rio Tejo. ANTT, *Espólio do Arquiteto Luís Benavente*, Caixa 130, Pasta 912, Doc. 43.



Figura 3. Vista geral das fachadas oeste e sul da Igreja de Santa Engrácia antes das obras, c. 1958, DGPC/SIPA, Foto 505696.

O despertar do interesse pelo barroco, no final dos anos 40, levou a que o monumento passasse a ser mais considerado a partir de então, relativizando-se o facto de estar incompleto, em benefício das qualidades arquitetónicas e plásticas exibidas. Assim, em 1949, Reynaldo dos Santos, considera que “quoique non terminée, [elle est] un des spécimens les plus impressionants du baroque national” [19]. Anos antes, o arquiteto António do Couto já o tinha considerado o edifício “que melhor representa no país, pela forma ondulada das suas fachadas, o mais característico modelo dêsse estilo [barroco]”.

A atenção sobre o edifício localizado no Campo de Santa Clara iniciou-se, porém, a partir das revelações do trabalho do arquiteto João Antunes, feitas por Reynaldo dos Santos, em 1948 [20]. Desde então, lança-se o debate em torno do autor do projeto de Santa Engrácia, que alimentará a discussão entre os estudiosos da arquitetura barroca portuguesa, em geral, e da obra do insigne arquiteto, em particular, assunto que não deixou indiferentes aqueles que assumiram o desafio de projetar a conclusão do edifício.

Contributos de Reynaldo dos Santos, Ayres de Carvalho e de Maia Ataíde

Às três personalidades somos devedores de alguns dos mais importantes estudos realizados sobre o barroco português. Interessa-nos abordar os contributos que deram para o conhecimento do arquiteto João Antunes e da sua obra, mas sobretudo para o deslindar do enigmático caso de Santa Engrácia.

Reynaldo dos Santos foi precursor dos estudos sobre a arte barroca, em Portugal. Depois de se ter dedicado a temas como a Torre de Belém, as Tapeçarias de Pastrana e os *Primitivos Portugueses*, muito influenciado por Robert Smith e Germain Bazin, o Presidente da Academia Nacional de Belas Artes procurará defender a originalidade do nosso barroco face ao italiano ou ao espanhol [19].

Fá-lo com determinação, através de várias conferências, que profere em Portugal e no estrangeiro, nomeadamente a propósito do *arquiteto João Antunes* [20], por ocasião do 2^a Centenário da Morte de D. João V ou nos *Colóquios Internacionais de Estudos Luso-Brasileiros*, mas também da publicação de diversos estudos. Entre estes incluem-se, *A Arte Luso-Brasileira do Século XVIII* (1948), *Arquitetura Barroca em Portugal* (1950), *Plantas e desenhos Barrocos* (1950), *D. João V e a arte* (1950), *Arquitetura Barroca em Portugal* (1951) ou *O Porto Barroco* (1952), e os textos que redige para algumas obras de referência, como a *L'Art Portugais: architecture, sculpture et peinture* (1953), prefaciada por Marcel Aubert, ou a *História da Arte em Portugal*, dirigida por Aarão de Lacerda (1953). Procurou, assim, “que se fizesse justiça à ... originalidade e personalidade” da arte portuguesa, difundindo a sua posição sobre o nosso barroco, e expandindo-a além-fronteiras através dos contactos privilegiados que detinha nos círculos internacionais de estudo sobre o assunto. Santa Engrácia acaba por alcançar, nesse contexto, o estatuto de o “mais importante e original monumento barroco de Lisboa”, merecendo destaque pela sua planta, pelas suas proporções monumentais, pela expressão da sua estrutura e pela plasticidade das suas massas [21]. O reconhecimento de tão singulares qualidades e a anunciada intenção de se concluir o monumento, sustentará sobremaneira a aspiração de se identificar o autor de tão distinta obra.

Uma das personalidades que mais se interessou pelo caso de Santa Engrácia foi Ayres de Carvalho, vindo a fazer, através da prolífica documentação arquivística compulsada, revelações importantes sobre o assunto. Artista de formação, ocupava o lugar de conservador do Palácio de Mafra [22] quando iniciou os seus estudos sobre o barroco. Animado pelos ambientes da corte de D. João V, mas também pela “incúria e desmazelo” que testemunhou no monumental edifício mafrense, foi a ele que consagrou os primeiros trabalhos. A boa gestão e conservação do monumento dependia, segundo Ayres de Carvalho, de um circunstanciado conhecimento do mesmo. Tratava-se, pois, “de uma ruína a conservar e a tentar valorizar, a estudar e a beneficiar...” [22]. É no âmbito desta missão que publica *A Escultura em Mafra* (1950), *D. João V e a Arte do Seu Tempo*, em dois volumes, (1960 e 1962, respetivamente) e *Novas Revelações para a História do Barroco em Portugal* (1964).

A propósito da obra *D. João V e a Arte do Seu Tempo*, publicada no ano do bicentenário da morte do rei, Reynaldo dos Santos considera-a “uma contribuição importante para o estudo da época” do rei *Magnânimo*, que amplia e renova os conhecimentos sobre o assunto. No entanto, num certo tom crítico diz que “o seu valor essencial é a numerosa série de documentos, a maior parte inéditos, com que o autor corrigiu, esclareceu e renovou a história dos monumentos e dos artistas dos reinados de D. Pedro II e D. João V” [23]. Noutra ocasião, a propósito dos estudos de Ayres de Carvalho sobre aos arquitetos do ciclo do barroco, reforça a crítica, dizendo que “a história da Arte não se faz só por documentos, mas também, e por vezes essencialmente, pelas obras e legítimas identificações estilísticas” [24]. É de evidente divergência metodológica, que se trata; a mesma que enriqueceu os importantes contributos que ambos deram à História da Arte.

O estudo *As Obras de Santa Engrácia e os seus Artistas* só seria publicado em 1971, na sequência do intenso trabalho arquivístico que Ayres de Carvalho desenvolveu no Arquivo da Sé de Lisboa (documentação da Irmandade dos Escravos do SS. Sacramento), e que lhe permitiu trazer a lume grandes novidades sobre o tema, marcando indelevelmente a história do monumento (Figura 4).

Crítico da posição de Reynaldo dos Santos, que, em sua opinião, confiava demasiado na sua sensibilidade artística, considera que é fundamental que se procurem os documentos que possam confirmar quaisquer conjeturas [25]. Daí resultou “... a atribuição definitiva da obra de Santa Engrácia com os seus admiráveis planos serlianos, a João Antunes, discípulo do Padre Tinoco, o que constitui, segundo José Augusto França, o objecto maior do livro” [26].

Mas além deste, outros foram os contributos de Ayres de Carvalho para o conhecimento de João Antunes e, conseqüentemente, de Santa Engrácia: estabeleceu em 1712 a data de morte do arquiteto [27]; determinou as datas da sua nomeação para diversos cargos; confirmou algumas obras da sua autoria (nomeadamente, a Sacristia da desaparecida igreja de Santo Antão, em Lisboa, a Bemposta, o Palácio do conde de Tarouca, o retábulo da ermida do Calhariz); identificou algumas pessoas com as quais João Antunes se relacionou; e dados tão pessoais, como, com quem foi casado, quantos filhos teve e onde residiu, em Lisboa.

José Manuel Maia Ataíde, embora menos mediático que os protagonistas anteriores, não foi menos importante para as revelações em torno de Santa Engrácia e de João Antunes.

Engenheiro eletrotécnico, foi também um eminente estudioso e investigador da história da arte, discípulo de Mário Chicó, que, desde 1961, se dedicou amplamente à cidade de Lisboa. Colaborou e dirigiu a obra *Monumentos e Edifícios Notáveis do Distrito de Lisboa*; cooperou com o boletim *Olisipo*, com a *Revista Municipal*, com o *Boletim Cultural da Junta Distrital de Lisboa*. Coordenou e produziu textos para diversas edições da Câmara Municipal de Lisboa, com destaque para *Monumentos de Lisboa* (1963), e esteve na organização de alguns importantes eventos científicos e culturais alusivos à época barroca, nomeadamente as exposições *Aspectos da Arquitectura Portuguesa de 1550 a 1950* (Rio de Janeiro, 1965), *João Antunes - Arquitecto 1643-1712* (1988) e *D. João V e o Abastecimento de Água a Lisboa* (1990). Dando continuidade aos seus estudos sobre o barroco português, participou no *II Congresso do Barroco no Brasil* (1989), onde apresentou uma comunicação que intitulou *Reflexão sobre as igrejas de fachada simétrica em H, com as torres dispostas em losango* [28].

Dos seus trabalhos, destacamos o texto crítico ao catálogo *João Antunes - Arquitecto e A Igreja de Santa Engrácia*, publicado no *Livro de Lisboa*, por serem aqueles que diretamente se relacionam com o nosso caso de estudo, e que constituem referência para os temas em questão.

Neles, Maia Ataíde estabelece importantes novidades sobre o “melhor arquitecto português do tempo barroco”: determinando a data exata de nascimento de João Antunes, bem como o local e respetiva filiação (Loreto, 30 de setembro de 1643); revelando novas informações sobre o seu casamento e descendência; trazendo novos dados sobre a sua atividade até 1681; e esclarecendo o período final da sua vida, de 1705 a 1712. Os estudos de Maia Ataíde contribuíram, assim, de forma evidente para a definição do “estilo João Antunes”.

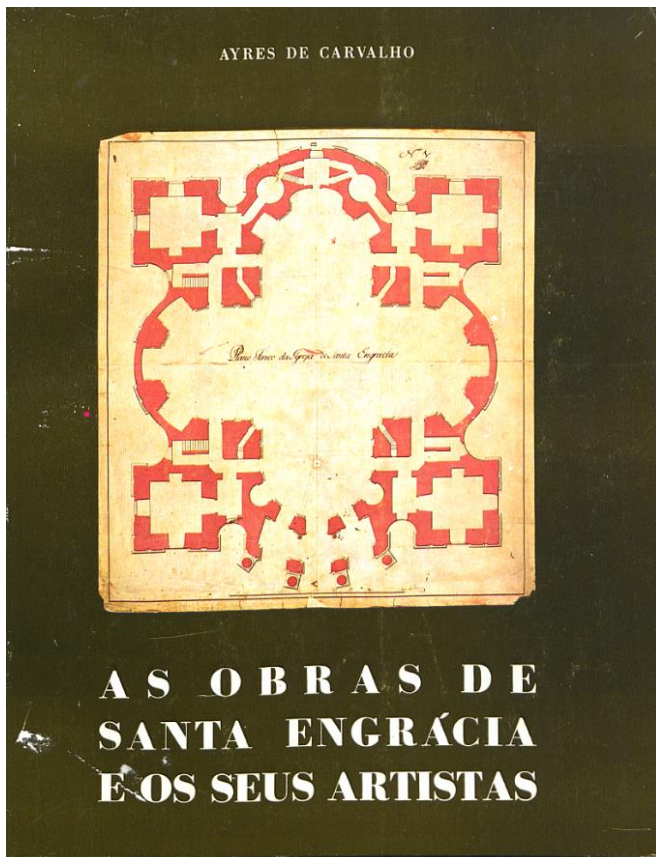


Figura 4. Capa da obra de Ayres de Carvalho, *Santa Engrácia e os seus artistas* [34].

Até ao seu estabelecimento documental, a questão da autoria de Santa Engrácia, constituiu uma das problemáticas mais interessantes, a envolver os três protagonistas a que nos temos vindo a referir. É sobre esse empolgante debate que nos deteremos a seguir.

Obra de arquiteto português ou estrangeiro?

“Mas quem seria o autor deste notável projecto?”, interroga-se o arquiteto António do Couto, em 1944, quando andava ocupado com a sua proposta para transformar o edifício de Santa Engrácia em Panteão Nacional [29].

Desde Sousa Viterbo que se sabe que a Igreja Santa Engrácia andou ligada a João Antunes, sendo “architecto nas obras”, em 1697. A dúvida existia em relação à autoria do projeto. No seu *Dicionário Histórico e Documental dos Architectos*, Sousa Viterbo, em 1899, lança a hipótese de que “Se não foi elle que deu o risco para esta monumental igreja, foi por certo um dos primeiros a dirigir a sua construção” [30]. Com esta suspeição, Sousa Viterbo foi, no fim do século XIX, “o primeiro a admitir a sua autoria para Santa Engrácia” [31]. A teoria veio, depois, a ser apoiada por outros, nomeadamente por Reynaldo dos Santos e Maia Ataíde.

O pensamento de Reynaldo dos Santos sobre o assunto apresenta, no entanto, uma evolução interessante. Assim, embora em 1948, na conferência que profere sobre o arquiteto régio João Antunes, considere Santa Engrácia “como uma obra identificada desse architecto”, no pequeno livro *L'Art Portugais*, destinado a ser distribuído aos participantes no Congresso Internacional de História da Arte, em 1949, diz, a propósito do arquiteto João Nunes Tinoco, que “sa plus grande gloire d'architecte fut le plan de Santa Engrácia (1682)...” [19]. Quanto a João Antunes, cujo elevado valor lhe reconhece, considera que lhe devemos a maior parte do que foi construído, e não o projeto, uma vez que este só terá assumido a direção das obras em 1684, após a morte do mestre Tinoco.

É a propósito de umas plantas e alçados de Santa Engrácia, do século XVII, existentes na Academia de Belas-Artes de Lisboa, algumas delas assinadas por João Nunes Tinoco, que Reynaldo dos Santos, em 1950, revê a sua posição sobre a autoria do projeto do monumento. As

divergências entre os planos traçados por Tinoco e o projeto executado, e o paralelismo com outras obras de Tinoco e de Antunes, levam-no a pressupor que o seu autor tenha sido este último. Conclui, assim, que Santa Engrácia “não tem afinidades com as outras obras de Tinoco e representa uma audaciosa renovação, que não era um homem já de idade avançada que ia concebê-la, fora dos seus hábitos e tradições. Reconhece também que a atribuição do plano de Santa Engrácia, e não apenas das obras, a João Antunes, dá a este arquitecto uma hierarquia capital na história do barroco em Portugal” [21].

Maia Ataíde alinha o seu discurso pelo mesmo diapasão. Em 1963, numa edição sobre os *Monumentos de Lisboa*, escreve: “Não há provas documentais que permitam atribuir a João Antunes o projecto da igreja de Santa Engrácia, aliás começada por João Nunes Tinoco, autor de duas plantas, diferentes da que foi afinal executada. Mas fortes presunções permitem atribuir-lhe a autoria” [32].

Teoria diferente, sustentou Ayres de Carvalho, aquele que viria, em 1971, a esclarecer definitivamente, por via documental, a autoria do projeto de Santa Engrácia. Até então, o seu pensamento evoluiu em duas direções distintas. Em 1962, no segundo volume da obra *D. João V e a arte do seu tempo*, a propósito de Santa Engrácia defende que as obras terão “parado ...desde 1730, quando desapareceu do número dos vivos o velho Mestre de Arquitectura da Aula dos Paços da Ribeira, o Padre Francisco Tinoco da Silva, a quem não hesitamos, por razões óbvias, em atribuir a autoria e direcção da obra, embora inspirando-se ou decalcando os planos grandiosos de S. Pedro de Roma delineados por Batasar Peruzzi e divulgados no tratado de Serlio” [27].

Anos antes, em 1953, Ayres de Carvalho tinha reclamado para Santa Engrácia, não uma influência italiana, mas uma autoria italiana, já que em Portugal “a originalidade dos nossos arquitectos desse tempo parece-me não ser nenhuma, como os Antunes e outros quejandos que o ilustre Académico Reynaldo dos Santos anda a apregoar” [33].

Depois de considerar a hipótese de o projeto ter sido traçado por um discípulo de Terzi, por Sansovino, ou por Ludovice, acaba por concluir, ainda em 1953, que o seu autor terá sido, muito provavelmente, Carlo Fontana (1634-1714), “que continua a mandar projectos para o nosso D. João V”.

Quando, quase vinte anos depois, publica *As Obras de Santa Engrácia e os seus Artistas*, Ayres de Carvalho, com nova posição sobre o tema, admite, assim, o “erro” em que laborara durante anos: “No nosso trabalho ‘D. João V e a Arte do seu tempo’ concluímos ‘erradamente’ as nossas asserções sobre Santa Engrácia.... Acrescenta, contudo, que ...apesar de termos encontrado e revelado o ‘documento real’ que as deitou por terra, continuamos a não renegá-las, pois se foi o mestre pedreiro João Antunes o *autor das plantas* de Santa Engrácia, decalcadas do Tratado de Arquitectura de Serlio, sem dúvida o Padre Tinoco não foi alheio à sugestão estética mas sobretudo a ele deveu a sua formação artística, tornando-o apto a gizar obras arquitectónicas que ficaram célebres no tempo” [34].

Verificamos que os contributos dos três estudiosos foram fundamentais, porque a História da Arte se faz, sem fundamentalismos, de intuição e de documentos arquivísticos, mas também do debate de ideias. Por isso, em História da Arte todos os assuntos são passíveis de serem renovados a cada novo dado, ou a um novo rasgo de perspicácia e intuição.

A conclusão de Santa Engrácia: um novo paradigma na ação da DGEMN?

Se a problemática da autoria de Santa Engrácia ficou documentalmente resolvida, as razões pelas quais o edifício não se concluiu continuam a merecer a reflexão dos autores. Por questões de conjuntura política e económica ou por dificuldades de ordem técnica, a verdade é que o edifício só receberia uma solução de cobertura em 1966, no quadro das comemorações do *Quadragésimo Aniversário do Regime*.

Várias e diversificadas foram as soluções de remate propostas para Santa Engrácia, desde o século XIX [4, 35-37], no entanto, a erradicação do mito das obras sem fim, tardou em concretizar-se, ou porque permanecia a indefinição sobre a solução mais adequada (restauro ou acabamento), ou porque as soluções apresentadas não satisfaziam ou ainda porque se apostava pouco naquele edifício.

Só assim se compreende que a decisão de se adaptar a igreja de Santa Engrácia a Panteão Nacional, decretada em 1916, nove anos após a classificação do edifício como Monumento Nacional, resultando na apresentação de algumas propostas para a conclusão do edifício – Arqº Bernardino Coelho (1936) e de António e Ruy do Couto (c. 1944) – não tenha trazido avanços significativos ao processo. Por sua vez, as celebrações dos Centenários de 1940, altura em que múltiplas intervenções foram levadas a cabo pela DGEMN, também não permitiriam que a igreja de Santa Engrácia fosse contemplada. É um facto que o edifício se encontrava desde o século XIX ocupado por diversos serviços militares e que a sua história e a sua linguagem plástica não se integravam no discurso propagandístico do regime, como referimos [3]. Além disso, registando-se uma relação direta entre os avanços da História da Arte e a seleção dos monumentos a restaurar, compreende-se o interesse tardio pelo monumento de Santa Engrácia [38], assumido claramente por Oliveira Salazar como uma missão destinada a vencer a ideia de incapacidade que há mais de dois séculos se encontrava associada àquele edifício.

É no final dos anos 40, quando, em Portugal, se avança na valorização e conhecimento do estilo barroco, que as atenções se voltam para o monumento do Campo de Santa Clara e é prevista uma verba para a sua conclusão, no Plano de Fomento Económico de 1950. Nessa altura, é o próprio diretor do Serviço de Monumentos, o Arquitecto Luís Benavente, que assume a tarefa de avançar com um estudo, que materializa, em 1953, depois do seu regresso de Roma, onde permaneceu entre 1948 e 1941, com o fim de projetar e coordenar os trabalhos da edificação de um altar a Nª Senhora de Fátima na Basílica de Santo Eugénio [39-40].

As propostas do Arquitecto Luís Benavente (1953): "Na pele do arquitecto original"?

Luís Benavente apresenta duas variantes distintas de acabamento, com quatro torres, cúpula e cripta sob a nave da igreja, atendendo às novas atribuições sepulcrais do edifício. Uma das variantes apresenta uma cúpula mais proeminente assente sobre tambor e a outra uma cúpula mais baixa apoiada diretamente nas paredes [41] (Figura 5).

O parecer da Junta Nacional de Educação (JNE), assinado pelos Arquitectos Raul Lino e Paulino Montês e pelo historiador da arte Armando de Lucena, é arrasador face ao seu projeto. É acusado de não apresentar um programa detalhado dos trabalhos a realizar, de não mencionar os estudos históricos e artísticos que encetou para fundamentar as suas propostas e de procurar concluir a igreja baseado na hipótese de como teriam sido os planos primitivos. Também a proposta da abertura de uma cripta não mereceu parecer favorável da JNE. De acordo com os seus membros, a solução avançada por Luís Benavente implicava “enterrar no subsolo um panteão, sem qualquer expressão arquitectónica exterior, subordinando demais essa obra à fábrica tão esmagadora da Igreja” [42].

Parece-nos injusta a apreciação do júri da JNE, atendendo ao conhecimento que hoje temos do processo de estudo que antecedeu e acompanhou a conceção dos projetos do arquitecto Benavente para Santa Engrácia. Talvez o parecer tenha saído prejudicado pela lacónica Memória Descritiva que o arquitecto juntou aos desenhos, na qual se limitou a justificar que na falta dos planos primitivos, que sem sucesso tinha procurado encontrar em bibliotecas e arquivos, baseou os seus estudos em deduções feitas a partir de outras obras do mesmo arquitecto, procurando adaptá-las ao que já se encontrava construído [41]. Numa altura em que se desconheciam documentos que atestassem a paternidade da obra, Benavente terá concebido um projeto assente em bases pouco sólidas.

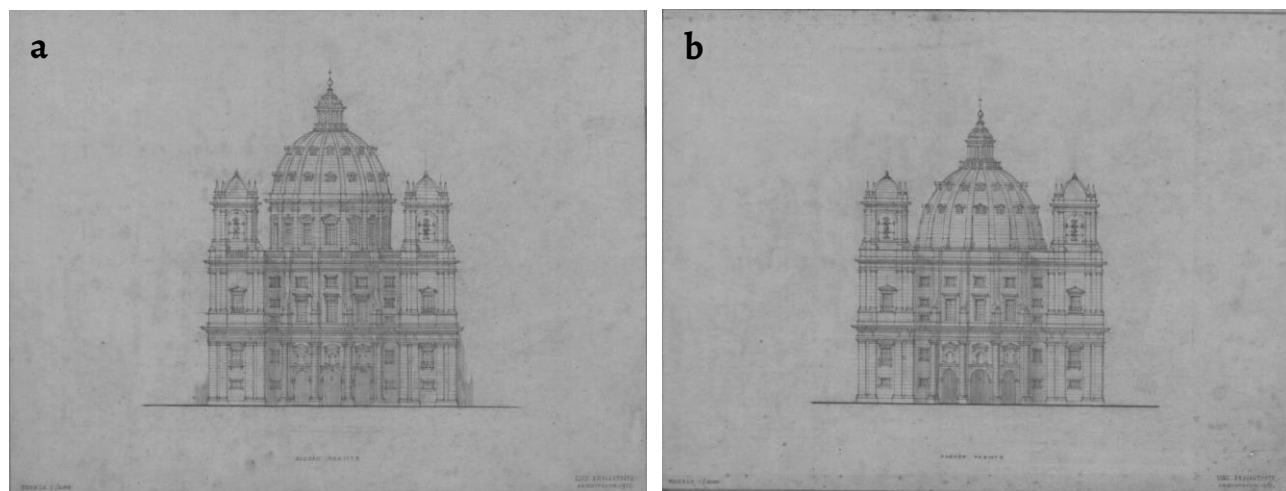


Figura 5. Propostas para conclusão da Igreja de Santa Engrácia, alçado principal, 1953: a) planta nº 4 e b) planta nº 5. ANTT, Espólio do Arquiteto Luís Benavente, Caixa 39, Pasta 268.

Embora não tenha sido executada nenhuma das soluções apresentadas, as propostas de Luís Benavente representam uma interessante abordagem metodológica, subjacente à sua elaboração, que decorre não apenas da experiência adquirida em Itália, mas sobretudo da importância atribuída à História da Arte no momento de se decidir sobre a melhor forma de intervir num monumento.

Alguma correspondência trocada entre o arquiteto e Ayres de Carvalho, no ano de 1953, revela as bases em que se sustentaram as soluções apresentadas e que, em nosso entender, credibilizam não apenas a sua atuação, mas a da instituição a que pertencia [43] (Figura 6).

Sob orientação do então conservador do Palácio de Mafra, de quem era amigo próximo, Luís Benavente lançou-se numa ampla pesquisa bibliográfica que incluiu: a *Arte Portuguesa*, de Ramalho Ortigão; *Demonstração Histórica da freguesia dos Martyres*, de Frei Apolinário da Conceição; *Corografia Portuguesa*, do padre António Carvalho da Costa; o *Dicionário dos Arquitectos* de Sousa Viterbo; *As Belas-Artes Plásticas em Portugal durante o século XVIII*, de Xavier da Costa; a *História de Portugal*, de Virgílio Correia; *Da História de Portugal*, de Aarão de Lacerda; a *Enciclopédia Histórica de Portugal*; *Arte Portuguesa*, de João Barreira; *Histoire de l'Art*, de André Michel; e o tratado de arquitetura de Sebastiano Serlio [44].

Partilhando a crença de Ayres de Carvalho nos documentos de arquivo, porque “só eles podem provar algo de concreto”, também investigou na Torre do Tombo, as mercês de D. Pedro II, os processos de habilitação da Ordem de Cristo e a coleção Júlio de Castilho, e no Instituto Italiano.

Sobre a metodologia seguida, Luís Benavente dá conta na *Memória Descritiva* que acompanhou o projeto: “Rebuscadas por nós as bibliotecas e arquivos eruditos, não nos foi possível encontrar os planos pelos quais a obra tivesse sido executada e onde fosse possível tomar conhecimento acerca da sua conclusão. Levantou-se pois para nós o problema de tentar deduzir como seria possível rematar tão importante fábrica. Indagámos dentro da obra do seu autor, considerando como aceite perante conclusões tão sàbiamente deduzidas, as características que imprimiu aos seus trabalhos e procurámos trasladá-las adicionando-as ao que lá se encontra erguido” [41].

Recordemos que, em 1953, Ayres de Carvalho estava convencido que o autor do edifício, só poderia ser estrangeiro, e que se encontrava entre um discípulo de Terzi, Sansovino, Ludovico ou Carlo Fontana. Este aspeto, amplamente transmitido nas cartas que trocaram, acabaria por condicionar todo o trabalho de investigação de Benavente, conduzindo a que as soluções apresentadas fossem inspiradas em exemplos estrangeiros, como a Igreja dos Santos Justo e Pastor, em Madrid, a igreja de Santa Maria della Consolazione, de Todi, ou a Basílica de São Pedro do Vaticano (Figura 7).

a

Col. ARQ.º LUÍS BENAVENTE
Pasta 912, doc. n.º 45

MINISTÉRIO DAS FINANÇAS
DIRECÇÃO GERAL DA FAZENDA PÚBLICA
PALÁCIO NACIONAL DE MAFRA

Gabinete do Conservador

25 de Maio de 1953.

Meu Caro Amigo e
muito ilustre Arquitecto.

Os nossos respetos e cumprimentos
para si e sua Esposa. Depois da
nossa conversa, procurei todos os meus livros
com probabilidades de encontrar qualquer coisa
sobre Santo Eufrazio. Apenas o Abade de Lacerda
e o Ramalho Ortigas dizem qualquer coisa, que
não sei se o meu Amigo já conhece. Mas parece-
me indispensável consultar, quanto mais não
seja para ver onde eles foram encontrar o Arq.º João
Antunes, mas parece-me que isto vem do Sousa
Viterbo, que é um investigador sério e o nosso amigo
do dos Santos.

b

como de costume esquecer-se que ele é que fala
no assunto e deu-o como seu... A opinião do
Abade parece-me séria, mas nada afirma. Portanto
seria bom consultar: Sousa Viterbo - Watson
- Haupt - Sabe que, pelas fotografias que vi
na História de Barcelos e pensando que houve "reedi-
cação" sobretudo olhando para as colunas da entrada,
parece-me ver o "dedo do Ludovici"? Mas, claro
está, isto é uma impressão, e ainda é preciso
pensar que o Terzi deixou bastantes discípulos.
Penso ainda na sobriedade desse templo e
a forma circular já ele a deixou na Serra do Pilar, no
Porto, conhece? Se Ludovici veio encontrar em Portu-
gal, nos fins do séc. XVIII, quando veio chamado pelos jesuítas,
algo de bom, por do Terzi, não acha? O Carlo Fontana é
muito mais rico, mais Berniniano, directo discípulo... Mas enfim
isto são impressões, e os documentos podem provar algo de concreto!
Estou ansioso por ver Santo Eufrazio... Penso ir a Lisboa nos
primeiros dias de Junho, para a semana, portanto, depois de telefonar.
Até breve, com um grande abraço e muita sorte
nas pesquisas...
O seu amigo
Agostinho Carvalhoso

Figura 6. Cartão de Ayres de Carvalho, 25-05-1953: a) frente e b) verso. ANTT, Espólio do Arquitecto Luís Benavente, Caixa 130, Pasta 912, Doc. 45.

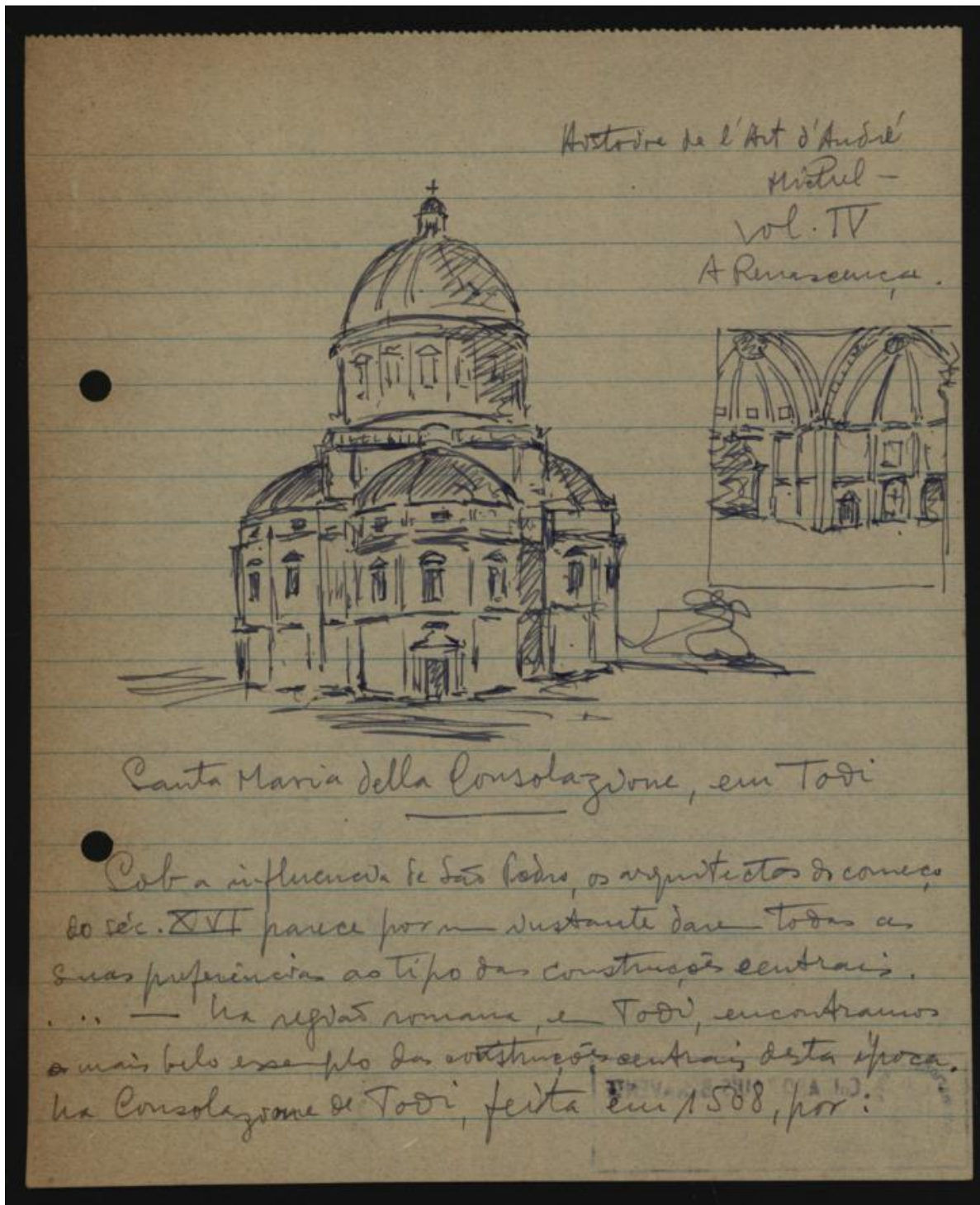


Figura 7. Desenho de Santa Maria della Consolazione, Todi (autor: Luís Benavente) [44].

Como se percebe das suas palavras, Luís Benavente dirigiu todo o seu trabalho em função do autor de Santa Engrácia, sob presunção de que este teria sido, com grande probabilidade, um italiano.

O parecer do júri que reprovou as propostas de Luís Benavente, não foi complacente com os seus argumentos, considerando que: “... a composição arquitectural da cúpula, apresentada no estudo, não satisfaz – pois não se trata de fazer uma obra de reconstituição, à maneira de tal ou tal “escola” ou de tal ou tal estilo; tratando-se, sim, de resolver um problema de harmonia, sem reduzir a escala nem a nobreza do monumento existente” [42].

Colocar-se "na pele do arquiteto original" quando se pretende restaurar ou completar um monumento, como se defendia desde Viollet-le-Duc, afigura-se uma tarefa extremamente exigente, arriscada e, muitas vezes, falível. Mesmo quando se segue a metodologia mais rigorosa, como a que seguiu o arquiteto Luís Benavente, valorizando e dignificando a colaboração do Historiador da Arte na hora de intervir em Santa Engrácia, os conhecimentos prévios de que dispomos condicionam sempre as soluções adotadas.

Conhecer o autor do projeto de Santa Engrácia, para propor a sua conclusão, poderia ser fundamental para que se conseguisse uma solução integrada na linguagem do seu autor. No entanto, quando a autoria se baseia numa atribuição, o caminho a seguir poderá ser o da aproximação à linguagem plástica do monumento. Foi esse o critério que a DGEMN acabaria por adotar na solução de cobertura executada, quando ainda não era certo que João Antunes tivesse sido o autor do projeto.

O projeto escolhido

Luís Amoroso Lopes, então a desempenhar funções na DGEMN, foi um dos arquitetos convidados, em 1956, por altura das comemorações dos 30 anos do regime, pelo ministro das Obras Públicas, Arantes e Oliveira, para apresentar propostas para a conclusão do edifício de Santa Engrácia. Tendo como referência a Basílica de São Pedro do Vaticano, apresentou duas soluções: uma mais elaborada, com torres nos ângulos, prevendo uma maior liberdade na conclusão de um edifício inacabado; e outra, apenas com cobertura do cruzeiro, considerando uma intervenção mínima que permitisse a conservação do edifício e a sua utilização [37]. A segunda proposta, sujeita a diversas modificações depois de uma viagem de estudo, em 1958, às grandes referências da arquitectura barroca internacional em Espanha, França e Itália, será a adotada, beneficiando da colaboração do engenheiro Edgar Cardoso na execução dos cálculos estruturais.

O resultado manifestou-se numa proposta que centra as atenções na resolução do problema da cobertura do espaço central e que limita as partes a construir ao indispensável. Optando por uma cúpula simples sobre tambor octogonal e por um terraço delimitado no seu perímetro por uma balaustrada clássica, apresenta uma solução de cobertura que se aproxima mais dos modelos portugueses do Convento de Mafra ou da Basílica da Estrela, do que daqueles que terá visto no estrangeiro (Figura 8).

Os trabalhos tiveram início em 1960, mas decorreram a um ritmo lento e com várias indefinições técnicas e artísticas durante quatro anos. É em 1964 que a obra é retomada com vista à sua conclusão. A decisão tomada por Oliveira Salazar, em 1962, de querer inaugurar Santa Engrácia por altura do quadragésimo aniversário do regime, obrigava à conclusão das obras em apenas dois anos. A necessidade de economia de meios envolvidos e de rapidez de execução terá determinado que a empreitada, agora a cargo dos arquitetos João Vaz Martins e Gonçalo Lyster Franco e dos engenheiros Mário Pedreira de Almeida e Oliveira Neves, tendo, contudo, por base o projeto de Amoroso Lopes, apostasse numa solução mais simplificada de acabamento do edifício. Eliminaram-se as quatro torres, criou-se um amplo terraço delimitado por uma balaustrada e projetou-se uma cúpula dupla, de linhas sóbrias, em harmonia com o estilo primitivo do monumento.

Robert Smith, contido em relação ao desfecho da obra de Santa Engrácia, refere-se a *uma cúpula especialmente planeada* que, em última análise tinha a virtude de contribuir para a conservação do monumento seiscentista. Todavia, no seu livro *The Art of Portugal 1500-1800* (1968), não deixa de optar por apresentar uma foto, que deliberadamente a suprime, como se a cúpula continuasse a não existir (Figura 9).

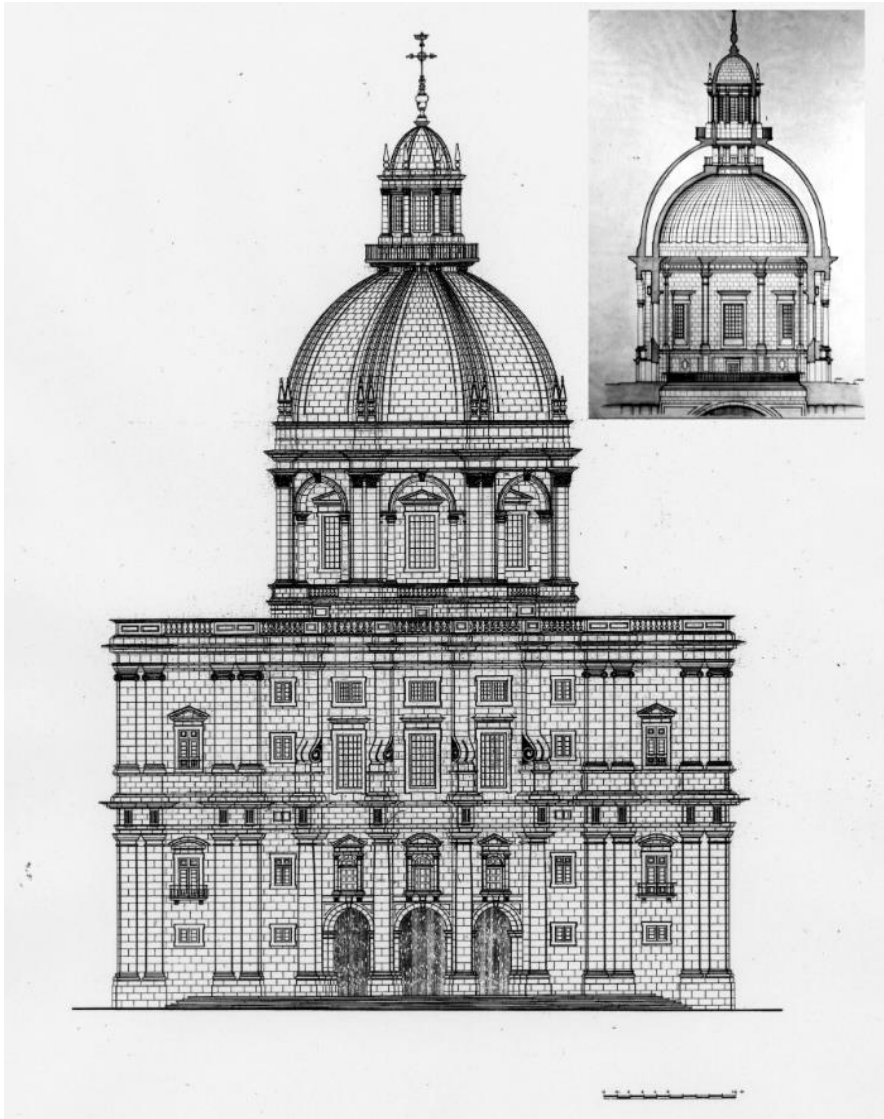


Figura 8. Projeto dos Arquitetos Vaz Martins e Lyster Francos (1964) [45].



Figura 9. Foto de Igreja de Santa Engrácia [46].

Critérios de intervenção: entre os princípios da Carta de Atenas (1931) e da Carta de Veneza (1964)

A intervenção na Igreja de Santa Engrácia concretiza-se, como referido, numa fase adiantada do regime do Estado Novo e quando uma parte assinalável dos monumentos nacionais já tinha sido restaurada. Simultaneamente, coincidem os trabalhos no edifício do Campo de Santa Clara com uma mudança de paradigma nas intervenções da DGEMN, resultante de uma maior abertura para o debate internacional, registada a partir dos anos de 1950.

Até então, dominou uma profunda prática empírica, sem que fosse comum entre os técnicos daquele organismo público o debate teórico em torno dos princípios de intervenção em monumentos [3]. As opções seguidas são perçecionadas, sobretudo, através dos processos de obra e refletem o modo como o restauro de monumentos era encarado no seio das políticas de propaganda ideológica do regime. Assentando mais na valorização dos monumentos pela sua ligação a factos significativos da nossa história, do que pelo seu valor artístico, tal circunstância interferirá diretamente nos critérios de intervenção globalmente adotados pela DGEMN. Estes, pautar-se-ão, predominantemente, pela reintegração arquitetónica, baseada na defesa do estilo original e da sua unidade, à imagem do que o arquiteto francês Viollet-le-Duc havia defendido no século XIX, com sacrifício de elementos artísticos de outras épocas.

A intervenção na Igreja de Santa de Santa Engrácia enquadra-se, porém, num novo período de atuação da DGEMN em que os seus técnicos (pelo menos alguns) estão mais próximos dos debates internacionais sobre a conservação e restauro de monumentos e das orientações emanadas pelos mais eminentes organismos internacionais sobre o assunto. Tal circunstância é comprovada, nomeadamente, pela adesão da DGEMN ao *Internationales Burgen Institut* (IBI), do qual faziam parte Piero Gazzola e Raymond Lemaire, entre outros especialistas conceituados, mas também pela ligação dos próprios técnicos a diversas associações. Luís Benavente, por exemplo, torna-se membro da *Asociación Española de Amigos de los Castillos*, da *Association Internationale pour la protection des Châteaux-Forts*, do *Institut International des Châteaux Historiques*, e integrará o comité de redacção da *Carta Internacional para a Conservação e Restauro de Monumentos e Sítios* (Carta de Veneza, 1964) [45].

Importa avaliar em que medida as orientações internacionais, nomeadamente as contidas nas Cartas de Atenas (1931) [47] e de Veneza (1964) [48], esta última ratificada por Portugal no ano em que as obras de Santa Engrácia sofrem um decisivo incremento, se terão refletido nas opções tomadas na intervenção realizada naquele edifício, uma obra dominada desde sempre pelo dilema da sua natureza, oscilante entre a conclusão e o restauro [37]. Viollet-le-Duc, no século XIX, consideraria a conclusão do edifício como uma ação integrada no âmbito do restauro, admitindo o seu restabelecimento num estado de integridade que pudesse nunca ter existido, a bem da busca da sua perfeição formal [3]. Embora os princípios de atuação da DGEMN tenham andado muito próximos da teoria violletiana do *Restauro Estilístico*, a verdade é que em relação a Santa Engrácia a conceção de uma cúpula que nunca existiu e da qual se desconhece o projeto original, foi criando, cada vez mais, apreensões às autoridades responsáveis sobre a solução mais adequada: deveria esta ser integrada no estilo barroco do monumento, conferindo unidade estilística ao conjunto, ou ser totalmente afastada deste, como a que o arquiteto Lino António chega a propor, em ferro e vidro [37], de modo a evitar a criação de falsos históricos?

Diante de dilemas e impasses que foram atrasando o encontro de uma solução, os projetos apresentados a partir dos anos de 1950, onde se inclui o que viria a ser adotado, assentaram em importantes princípios defendidos internacionalmente na proteção dos monumentos, nomeadamente na “crítica fundamentada”, tanto na análise das pré-existências, como das propostas apresentadas (Carta de Atenas). Sendo indispensável uma intervenção profunda no edifício de Santa Engrácia, não apenas pelo seu avançado estado de degradação, mas por permanecer sem cobertura, a opção tomada passou por se completar o monumento, respeitando-se “a obra histórica e artística do passado”, como se recomenda no primeiro

documento internacional em matéria de conservação e restauro, a Carta de Atenas. Encontrar uma solução que permitisse cobrir adequadamente a nave de Santa Engrácia, asseguraria simultaneamente a conservação e a valorização da notável obra barroca existente, permitindo atribuir-lhe uma utilização, a de Panteão Nacional, indo ao encontro do respeito pelo “seu carácter histórico e artístico”, como também se aconselha no mesmo documento internacional. Reconhece-se que a reutilização/refuncionalização dos monumentos, nomeadamente “a [sua] adaptação a uma função útil à sociedade” é fundamental para se assegurar a sua conservação, premissa enunciada no documento de Atenas e reiterada, anos mais tarde, após a vaga destruidora da II Guerra Mundial, na Carta de Veneza de 1964 (Artº 5º).

A unidade formal que marcou a intervenção em Santa Engrácia, verificou-se também nos materiais pétreos utilizados, nos seus acabamentos e na limpeza das cantarias. Embora a construção de uma dupla cúpula, assente nos mais rigorosos cálculos estruturais, tenha imposto o recurso a tecnologias avançadas e ao uso do betão armado, este foi totalmente revestido com chapas de pedra de lioz branco, idênticas às existentes na obra e provenientes das pedreiras que haviam fornecido a construção nos séculos XVII e XVIII [45]. Utilizaram-se, assim, “recursos da técnica moderna, devidamente *dissimulados* a fim de não alterar o aspecto e o carácter do edifício a restaurar” [47].

Os critérios aproximam-se, neste ponto, muito do previsto na Carta de Atenas, que admitia materiais e técnicas modernas, mas sem que a sua presença fosse evidente. O resultado consistiu, no entanto, na edificação de um domo decorativamente despojado, esguio e estreito, diremos mesmo que desproporcional face à dimensão do edifício, cuja unidade de materiais e acabamentos utilizados nos anos 60 do século XX, “idêntico às peças existentes, com o fim de lhe dar o mesmo aspecto” [49], tem facilitado que seja considerada obra primitiva. Tal opção, contrária, contudo, o princípio do não falseamento histórico, salientado na Carta de Veneza (Artº 11º), ao não se distinguir “as partes originais” das partes restauradas. Por sua vez, a limpeza das peças de cantaria antigas, com escovas duras e produtos detergentes, e a limpeza mecânica em abóbadas e arcos, com máquinas de polir, de modo a assegurar uma limpeza mais profunda das juntas, terá eliminado toda e qualquer patina do tempo, capaz de distinguir o antigo do novo [50].

A obra realizada em Santa Engrácia, apesar de registar algum acerto face às orientações internacionais, sobretudo face à Carta de Atenas, mostra que a defesa dos estilos primitivos continuaria a regular grande parte das intervenções de restauro promovidas pelo Estado Novo, contrariando uma das diretivas estruturais deste documento: “abandonar as reconstituições integrais e evitar os seus riscos, pela instituição de uma manutenção regular e permanente, adequada a assegurar a conservação dos edifícios” (Carta de Atenas, I – Doutrinas. Princípios Gerais). As dificuldades em aderir de imediato aos critérios consolidados em Veneza, são igualmente notórias [51]. Assim, ao se procurar alcançar a unidade do monumento primitivo de Santa Engrácia, desrespeitaram-se alguns elementares princípios da Carta de Veneza, como a distinção dos materiais utilizados e a legibilidade da intervenção [52], pondo em causa o princípio da autenticidade defendido na Carta de 1964.

Não sendo fácil distinguir inequivocamente no monumento as partes novas das partes antigas, é no arquivo, através da análise da abundante documentação escrita e fotográfica que a DGEMN produziu ao longo da empreitada, e que com todos os cuidados tem preservado, que nos podemos aperceber do que na realidade foi feito e da metodologia seguida. Os célebres Boletins da DGEMN constituem igualmente uma importante fonte de divulgação do património arquitetónico nacional e de conhecimento dos trabalhos realizados [53], mas não podemos esquecer que o seu fim foi propagandístico e os seus conteúdos muito selecionados, além de que nem todos os monumentos foram objeto de publicação (Figura 10).



Figura 10. Vista geral da Igreja de Santa Engrácia depois de 1966. Arquivo da Igreja de Santa Engrácia -Panteão Nacional (DGPC).

Quanto à valorização do monumento, a envolvente foi devidamente considerada, desenvolvendo-se um plano de arranjo urbanístico, em parceria com a Câmara Municipal de Lisboa, da autoria do arquiteto Frederico Carvalhosa e Oliveira e do paisagista António Viana Barreto [54]. Este destinava-se a alcançar “a valorização e protecção da Igreja e uma melhoria das condições de acesso ao local”, tendo-se, para o efeito, criado um maior desafogo ao monumento. A solução contemplou a criação de uma plataforma elevada e pavimentada em seu redor, com um revestimento vegetal do lado sul destinado a suavizar os desníveis do terreno, e a construção de uma majestosa escadaria fronteira de acesso. Demoliram-se alguns armazéns, rebaixaram-se muros e reduziram-se chaminés, como se recomenda na Carta de Atenas, preservando-se, no geral, a estrutura dos arruamentos de acesso à Igreja, as habitações vizinhas e o Convento do Desagravo, cuja demolição chegou a ser proposta em parecer técnico da Junta Nacional de Educação [54]. A conservação do enquadramento dos monumentos e da sua envolvente constitui, efetivamente, uma preocupação patente da Carta de Atenas, reiterada na Carta de Veneza, por fazer parte da história do próprio monumento. No caso de Santa Engrácia, ao contrário do que sucedeu noutros monumentos, como o Mosteiro dos Jerónimos ou o Mosteiro da Batalha, onde prevaleceu o critério higienista, este foi largamente preservado, denotando uma crescente sensibilização para o enquadramento urbanístico dos monumentos.

Considerações Finais

A conclusão do edifício inacabado da Igreja de Santa Engrácia, do qual não se conheciam os planos primitivos, representou um grande desafio para os arquitetos portugueses. Era preciso ir além do *com'era e dove era* que tinha orientado muitas das intervenções em edifícios arrasados durante a Segunda Guerra Mundial por essa Europa fora, e optar por uma solução de cobertura que nunca tinha existido. O desafio consistiu em aprofundar os conhecimentos sobre a arquitetura barroca e, por analogia com outros edifícios, diante do desconhecimento do autor dos planos primitivos, projetar uma obra que estilística e materialmente se harmonizasse com a parte construída. O conhecimento do autor do projeto poderia ter sido importante na adoção

de uma solução integrada na sua linguagem, porém, as incertezas face à autoria e a presunção de certos pressupostos que se vieram a demonstrar equivocados, foram condicionando as soluções adotadas.

Perante tantas incertezas, o desenvolvimento de estudos sobre arquitetura barroca revelaram-se fundamentais, não só para o conhecimento da natureza estilística do edifício de Santa Engrácia, mas também para a sua valorização. Simultaneamente, o estado adiantado dos restauros dos monumentos privilegiados pelo regime do Estado Novo permitiu que se conjugassem circunstâncias que determinaram o restauro e a conclusão daquele edifício, bem como a sua adaptação a Panteão Nacional.

No processo de estudo do monumento e de planeamento da intervenção assume particular interesse a parceria do historiador da arte Ayres de Carvalho com o arquiteto Luís Benavente, numa colaboração que hoje designaríamos de interdisciplinar. Tal circunstância, também notada na cooperação entre o historiador da arte Mário Tavares Chicó e os arquitetos Humberto Reis ou Peres de Guimarães [3], apesar de pontual, não representando o *modus operandi* da DGEMN, revela algumas mudanças nos paradigmas de intervenção nos monumentos, reflexo do debate internacional. Tais mudanças, registadas a partir do pós II Guerra Mundial e dependentes dos técnicos envolvidos, são notórias, nomeadamente, na procura de adequação de critérios de intervenção adaptados ao caso em estudo, mas também na reutilização que dá aos edifícios ou na preservação da sua envolvente. É verdade que esta atuação, como referimos, não caracterizou de modo dominante a ação da DGEMN, no seio da qual a divergência entre técnicos era assinalável [3]. Além disso, até à Carta de Veneza, da qual resultou a fundação do ICOMOS e a constituição de uma Comissão Nacional Portuguesa daquele organismo internacional [55], o envolvimento do nosso país nas dinâmicas internacionais é muito escasso [51]. Apesar de tudo, os técnicos portugueses conheciam os grandes temas em debate e estes não deixavam de se refletir nos restauros realizados e também em alguma legislação patrimonial promulgada [51, 55].

Todavia, se se regista alguma convergência face a princípios fundamentais veiculados pela Carta de Atenas (1931), também são notórias as dificuldades em aderir de imediato aos critérios consolidados na Carta de Veneza (1964), apesar de Portugal ter sido um dos países signatários.

Em Santa Engrácia, contrariando-se alguns princípios fundamentais estabelecidos na Carta de Veneza, opta-se pela conclusão do monumento de acordo com o seu hipotético modelo original, sem a preocupação de se assinalar a distinção entre partes novas e partes antigas. A simplificação formal do estilo barroco patente na nova cúpula, em nosso entender, não é suficiente para que se possa considerar que houve a preocupação de não se criar um falso histórico ou um falso artístico no restabelecimento da unidade potencial da obra de arte, como defendeu Cesare Brandi [56]. Em alternativa a um certo conservadorismo perfilhado, talvez “o mais bello dos nossos monumentos do seculo XVII”, como a ele se refere Ramalho Ortigão, se mantivesse sem cobertura e sem função que o dignificasse, vendo agravar-se os seus problemas de conservação até que se registassem mudanças efetivas nos paradigmas da intervenção nos monumentos em Portugal, como viria a suceder a partir dos anos 80 [57-58].

REFERÊNCIAS

1. Gonçalves, F., ‘Na morte de Robert C. Smith’, *Belas-Artes* 30 (1976) 46-61.
2. Smith, Robert C., 1912-1975: *A investigação na História de Arte*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2000).
3. Neto, M. J., *Memória, Propaganda e Poder. O Restauro dos Monumentos Nacionais (1929-1960)*, FAUP Publicações, Porto (2001).
4. Mantas, H. A. J. S., *O Panteão Nacional – Memória e afirmação de um ideário em decadência. A intervenção da Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais na Igreja de Santa Engrácia (1956-1966)*, Dissertação de mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa (2002).
5. Sala, D., ‘O legado de Robert Chester Smith’, in *A investigação na História de Arte*, ed. Robert C. Smith, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2000) 108-133.
6. Lucena, A., *Estilos Artísticos: apontamentos para o ensino técnico profissional*, Papelaria Fernandes, Lisboa (1939).
7. Pimentel, A. F., ‘Um olhar perspicaz: Robert Smith e o Monumento de Mafra’, in *A investigação na História de Arte*, ed. Robert C. Smith, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2000) 277-287.

8. *Relazioni Storiche fra l'Italia e il Portogallo. Memoria e documenti*, Real Accademia d'Italia, Roma (1940).
9. *XVI Congrès International d'Histoire de l'Art. Rapports et communications*, 2 vols., Minerva, Lisboa/Porto (1949).
10. Santos, R. dos, 'A Arquitectura Barroca em Portugal', *Belas Artes - Revista e Boletim da Academia Nacional de Belas Artes* 3 (1951) 13-23.
11. 'XVI Congresso Internacional de História de Arte. Lisboa, 18-24 de Abril de 1949', *Belas-Artes - Revista e Boletim da Academia Nacional de Belas-Artes* 2 (1950) 68.
12. Smith, R. C., *Os mausoléus de D. João V nas quatro partes do mundo*, s.n., Lisboa (1955).
13. Lambert, É., *L'Art Portugais*, Annales de l'Université de Paris, Paris (1948).
14. 'Definição de uma identidade', in Museu Nacional de Machado de Castro, Coimbra, <http://www.museumachadocastro.gov.pt/pt-PT/museu/Historia/ContentDetail.aspx> (acesso em 2021-06-01).
15. 'Segundo Colóquio Internacional de Arte', *Colóquio- Revista de Artes e Letras* 4 (1959) 65-66.
16. 'Primeiro Colóquio Internacional de Arte', *Colóquio- Revista de Artes e Letras* 1 (1959) 63.
17. Ortigão, R., *O Culto da Arte em Portugal*, A. M. Pereira, Lisboa, 1896.
18. 'Lei nº 520 de 29 de abril de 1916', *Diário do Governo de 29 de abril de 1916* 1(82) (1916) 367.
19. Santos, R. dos, *L'Art Portugais*, Academia Nacional de Belas Artes, Lisboa (1949).
20. 'Acta da sessão extraordinária de 16 de Dezembro de 1948', *Belas Artes - Revista e Boletim da Academia Nacional de Belas Artes* 2 (1950) 70.
21. Santos, R. dos, 'Plantas e Desenhos Barrocos', *Belas Artes - Boletim da Academia Nacional de Belas-Artes* 2(separata) (1950).
22. Carvalho, A. de, 'Algumas recordações de um artista que foi Conservador dos Palácios e Monumentos Nacionais (1947-1981)', *Revista e Boletim da Academia Nacional de Belas Artes* 11-13 (1988-1991) 45-63.
23. Santos, R. dos, 'Ayres de Carvalho, D. João V e a arte do seu tempo, vol. II, 1962', *Colóquio - Revista de Artes e Letras* 20 (1962) 64-65.
24. Santos, R. dos, *Oito séculos de Arte Portuguesa: História e Espírito*, vol. II, Empresa Nacional de Publicidade, Lisboa (1970).
25. França, J. A., *A Arte em Portugal no século XIX*, vol. II, Bertrand, Lisboa (1981).
26. França, J. A., 'Ayres de Carvalho. As Obras de Santa Engrácia e os seus Artistas', *Colóquio Artes* 6 (1972) 67.
27. Carvalho, A. de, *D. João V e a arte do seu tempo*, vol. II, Ed. autor, s.l. (1962).
28. Serrão, V., 'Homenagem a Manuel Maia Ataíde', *Olisipo* 19 (2003) 11-20.
29. Couto, A. do, *A igreja de Santa Engrácia: Panteão Nacional*, Editorial Império, Lisboa (1944).
30. Viterbo, S., *Diccionario histórico e documental dos architectos, Engenheiros e constructores portugueses ou a serviço de Portugal*, vol. I, Imprensa Nacional, Lisboa (1899).
31. Ataíde, M. M., *João Antunes Arquitecto 1643-1712*, IPPC, Lisboa (1988).
32. Ataíde, M. M., *Monumentos de Lisboa*, CML, Lisboa (1963).
33. ANTT, Espólio do Arquitecto Luís Benavente, Pasta 912, Caixa 130, doc. nº 45.
34. Carvalho, A. de, *As obras de Santa Engrácia e os seus Artistas*, [Academia Nacional de Belas Artes], Lisboa (1971).
35. Lima, M. C., 'Um projecto interrompido ou a demanda de uma solução? Santa Engrácia entre a morte de João Antunes e o dealbar do Liberalismo', *Artis - Revista do IHA da FLUL* 7-8 (2009) 297-316.
36. Neto, M. J., Soares, C. M., Lima, M. C., *Igreja de Santa Engrácia, Panteão Nacional*, Scala Publishers, London (2011).
37. Melo, I.; Neto, M. J.; Araújo, M. G., *Obras de Santa Engrácia: o Panteão na República na República*, IGESPAR-Panteão Nacional, Lisboa (2010).
38. Brites, J., 'Em nome da "sanidade artística": o Estado Novo e o estilo barroco', *Revista da Universidade de Aveiro - Letras* 23 (2006) 59-86.
39. Benavente, L., 'Biografia do Arquitecto Luís Benavente ao Serviço da Nação', *Luís Benavente | arquitecto*, Instituto dos Arquivos Nacionais | Torre do Tombo, Lisboa (1997) 51-59.
40. Mariz, V., *A Capela de Nossa Senhora de Fátima na Igreja de Santo Eugénio em Roma (1942-1951)*, Banco Espírito Santo-Centro de História, Lisboa (2011).
41. ANTT, *Espólio do Arquitecto Luís Benavente*, Caixa 39, Pasta 268, Doc. 25, Santa Engrácia. Estudo para a sua conclusão. Memória Descritiva, 21.01.1954.
42. ANTT, *Espólio do Arquitecto Luís Benavente*, Caixa 130, Pasta 912, Doc. 30. Parecer da Junta Nacional de Educação, de 12.02.1954, assinado por Raul Lino, Armando de Lucena e Paulino Montez.
43. ANTT, *Espólio do Arquitecto Luís Benavente*, Caixa 130, Pasta 912, Docs. 45, 46, 47. Cartas de Ayres de Carvalho a Luís Benavente, datadas de 25.05.1953; 05.06.1953; 23.12.1953.
44. ANTT, *Espólio do Arquitecto Luís Benavente*, Caixa 130, Pasta 912, Doc. 10, Estudos para a elaboração do projeto da Igreja de Santa Engrácia.
45. Neto, M. J.; Soares, M. J., 'The conclusion Plans for the baroque church of Santa Engrácia - National Pantheon (Portugal) in 1964 and the Venice Charter's Principles', in *The Venice Charter Revisited: Modernism & Conservation in the postwar World*, ed. M. Hardy, Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne (2008) 219-233.
46. Smith, R. C., *The Art of Portugal 1500-1800*, Meredith Press, New York (1968).
47. 'Carta de Atenas (1931). Conclusões da Conferência Internacional de Atenas sobre o Restauro dos Monumentos', in *Direção Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeAtenas.pdf> (acesso em 2021-05-23).
48. 'Carta de Veneza (1964) – Sobre a conservação e restauro dos monumentos e dos sítios', in *Direção Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf> (acesso em 2021-05-23)
49. Igreja de Santa Engrácia/Panteão Nacional: Obras SIPA PT DGEMN:DSID-001/011-1284, 19-08-1960 (Execução de Cantarias Lavradas – cimallhas e cornijas); PT DGEMN:DSARH-010/125-0051/55, 23-07-1960 (Fornecimento de Pedra "Lioz Branco" Desbastada); PT

- DGEMN:DSID-001/011-1287, 17-11-1963 (Fornecimento de Cantarias Molduradas); 05-11-1965 (Cantarias Trabalhadas, Serradas e em Tosco).
50. Igreja de Santa Engrácia/Panteão Nacional: Obras PT DGEMN:DSID-001/011-1287, 11-11-1965 (Restauro dos Paineis de Embutidos com Cantarias de Côres Diversas, Troços de Cornijas e Cimalthas Partidas e Falhas nos Paramentos da Construção Antiga); 04-11-1965 (Lavagem dos Paramentos Interiores) (2021-11-23)
 51. Neto, M. J., 'A propósito da Carta de Veneza (1964-2004). Um olhar sobre o património arquitectónico nos últimos cinquenta anos', *Património – estudos* 9 (2006) 91-99.
 52. Rivera Blanco, *De Varia Restauratione. Teoria e Historiad del a Restauración Arquitectónica*, R & R-Restauración y rehabilitación, Valladolid (2001).
 53. Camacho, J. P., 'O Enquadramento Teórico e Conceptual da Ação da DGEMN (1931-1975)', Dissertação de mestrado, ISCTE, Lisboa (2018) https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/19294/5/master_joana_pestana_camacho.pdf (acesso em 2021-06-07)
 54. Soares, C. M., *A Igreja de Santa Engrácia no Campo de Santa Clara. Os tempos do lugar*, DGPC-Panteão Nacional/Caleidoscópio (2019).
 55. Custódio, J., 'Sociedade das Nações. Portugal e a Carta de Atenas (1931)', in *Portugal 1910-2010, 100 anos de Património. Memória e identidade*, coord. J. Custódio, IGESPAR, Lisboa (2010) 131-135.
 56. Brandi, C., *Teoria do Restauro*, Edições Orion, Lisboa, 2006.
 57. Fernandes, J. M., 'O Impacte da Carta de Veneza na conservação e restauro do património arquitectónico', in *Portugal 1910-2010, 100 anos de Património. Memória e identidade*, coord. J. Custódio, IGESPAR, Lisboa (2010) 237-241.
 58. Alarcão, A., 'O Património como um todo. Contributos da Democracia de Abril', *Revista da Faculdade de Letras, Porto, Ciências e Técnicas do Património* 13 (2014) 233-237.

RECEBIDO: 2021.7.9

REVISTO: 2021.10.24

ACEITE: 2022.9.7

ONLINE: 2023.4.5



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>

Analytical investigation and electrochemical conservation treatment for archaeological copper alloy artifacts from Jordan

Investigação analítica e tratamento eletroquímico de conservação em bens arqueológicos de liga de cobre da Jordânia

AHMAD N. ABU-BAKE 

Department of Conservation and Management of Cultural Resources, Faculty of Archaeology and Anthropology, Yarmouk University, P.O. Box 566, Irbid 21163, Jordan

ahmad.abubaker@yu.edu.jo

Abstract

This study presents an analytical investigation and electrochemical conservation treatment for a group of four copper alloy artifacts excavated from the archaeological cemetery that was located on the site of the Queen Alia International Airport, Jordan. The chemical analyses of internal alloys showed that a bracelet and a spatula were made of a quaternary copper–zinc–tin–lead alloy, a bracelet was made of a copper–silver–zinc alloy, and a spatula was made of a copper–tin, a bronze alloy. The corrosion products analyses indicated the presence oxides, carbonates and chlorides of copper, in addition to silver chlorides for the copper–silver–zinc alloy bracelet. The metallographic examination showed various degrees of working and heat treatment in the manufacturing process of the artifacts. The potentiostatic reduction technique was effective in reducing the corrosion products on the artifacts, which were finally coated with Paraloid B–72 to prevent corrosion reoccurrence.

Resumo

Este estudo apresenta uma investigação analítica e o tratamento eletroquímico de conservação usado num grupo de quatro artefactos em liga de cobre, escavados no cemitério arqueológico localizado no aeroporto internacional Rainha Alia, Jordânia. As análises químicas das ligas internas mostraram que uma pulseira e uma espátula foram feitas com uma liga quaternária de cobre, zinco, estanho e chumbo, outra pulseira foi feita com uma liga de cobre, prata e zinco, e uma segunda espátula com uma liga de cobre e estanho (bronze). As análises dos produtos de corrosão indicaram a presença de óxidos, carbonatos e cloretos de cobre, além de cloretos de prata na pulseira em liga de cobre, prata e zinco. O exame metalográfico mostrou vários graus de manufatura e de tratamento térmico no processo de fabrico dos artefactos. A técnica de redução potencioestática foi eficaz na redução dos produtos de corrosão nos artefactos, que no final foram revestidos com Paraloid B72 para evitar a recorrência da corrosão.

KEYWORDS

Copper alloy
Silver alloy
Archaeological artifacts
Corrosion
Examination
Conservation treatment

PALAVRAS-CHAVE

Liga de cobre
Liga de prata
Bens arqueológicos
Corrosão
Exame analítico
Tratamento de conservação

Introduction

Copper alloy artifacts form an important part of our cultural heritage. Analytical studies are essential to understand their chemical, physical, and mechanical characteristics, and the use of safe and cost-effective conservation techniques is vital to protect them in our heritage collections. The corrosion of these artifacts is affected by several factors, such as the nature of their archaeological context, the presence and amounts of alloying elements, and their manufacturing techniques. In addition, the environmental conditions of the storage or exhibition area after excavation contribute to the activation or acceleration of the corrosion processes. Therefore, the analytical investigation of these artifacts provides essential information on their composition, microstructure, and corrosion processes, it clarifies their particular characteristics and allows elaborate determination of their preservation state and conservation needs [1–4].

The stabilization of corroded archaeological copper alloy artifacts is an essential primary treatment in the practical applications of the conservation profession, particularly, the stabilization of the active corrosion process commonly known as bronze disease. This corrosion process results from the oxidative hydrolysis of cuprous chlorides (CuCl) to form basic cupric chlorides ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), which also recycles the chlorides released by hydrolysis, which in turn attack the uncorroded metal in a new cycle of corrosion in moist air. In practice, the adverse effect of the chloride-based corrosion could be reversed by removing the cuprous chlorides, sealing them from the atmosphere to stop the active corrosion, or converting them to the stable cuprous oxide [5–7]. The removal of cuprous chloride by the tedious mechanical cleaning or the uncontrollable corrosion stripping agents would cause several problems, such as the possible breakage or disintegration of the object, the overcleaning that leads to a shiny bare metal surface that distorts the aesthetic and historic values of the artifact, and the possible presence of residual chlorides or chemical cleaning agents in the crevices, which causes corrosion reoccurrence [8–10]. The common approach to seal the cuprous chloride from the atmosphere is using corrosion inhibitors. This treatment has the benefit of stabilizing the corrosion products on the surface, which causes less changes on the aesthetic and historic values of the artifact. However, a very limited number of corrosion inhibitors are used in practice, which is attributed to limitations in the effectiveness, the potential harmful or toxic nature of these chemicals, and the need for more testing results for the recently investigated compounds as corrosion inhibitors [11–21]. The immersion of the corroded artifact in a diluted solution of sodium sesquicarbonate has been a common stabilization treatment that removes the chlorides from the artifact and forms a stable cuprous oxide on its surface. The treatment could need months or years to be effective in removing a significant amount of chloride ions from the artifact, it may also cause the formation of blue-green malachite or black cupric oxide on the artifact's surface, which will affect the color of the patina [5–9]. The electrolytic potentiostatic reduction with weak polarization in a sodium sesquicarbonate solution was suggested for a faster extraction of the chloride ions while preserving the stable corrosion products such as cuprite and the copper hydroxycarbonates [22–24]. The treatment causes reduction in size and change in the appearance of the external corroded surface of the artifact. It was found that most of the chloride-based corrosion products become detached and dissolve in the electrolyte, and the cuprite forms only in the original interface region. Moreover, patches of the corrosion products of the alloying elements of copper, or their reduction products, would affect the appearance of the artifact after the treatment, and they cannot be mechanically removed without affecting the intentionally left stable copper corrosion products [25–26]. The electrolytic potentiostatic reduction on a potential sufficient for a complete reduction of all identified corrosion products of copper or its alloying metals while avoiding hydrogen evolution is another alternative. The treatment cleanses the artifact from the chloride ions, preserves surface details that characterize the artifact and its cultural values, and produces reduced metallic forms that clarify the original metallic identity of the artifact's surface without

obliterating its antique appearance. The treatment is very beneficial for copper alloy artifacts, particularly copper–silver alloys with high silver surface content as the galvanic corrosion products of copper will hide the original silvery surface. Based on the condition of the artifact after the treatment, the reduced powdery metal(s) can either be cleaned or fixed on the surface by an adhesive [27–30].

This study aimed to analytically investigate and electrochemically treat a group of four copper alloy artifacts excavated from the archaeological cemetery that was located on the site of the Queen Alia International Airport, Jordan. The analytical investigation helped to identify corrosion and microstructural properties of the artifacts, while the electrochemical treatment followed by the application of a protective coating were conducted to ensure their long-term stability in the uncontrolled environment of their storage area.

Materials and methods

The artifacts investigated in this study belong to the collections of the Museum of Jordanian Heritage at Yarmouk University, Irbid, Jordan. They were originally discovered in a rescue excavation that was conducted at a late second–early third CE century cemetery site, which was discovered during the construction works of the Queen Alia International Airport, about 25 km south of Amman, back in 1978. The cemetery occupied an area of about 65 m², it was part of a broader complex of remains that included a seasonal habitation site on the hills located to the east of the cemetery. The pottery on the hills indicated that the site was used during the Roman period. The cemetery was discovered during the leveling of the maintenance hangar area of the new airport, it consisted of 173 graves that contained skeletons, cremation lead ossuary, items of clothing and jewelry, seals, amulets, cosmetic equipment, toilet articles, tools, figurines, coins and shells [31]. The group of artifacts under investigation in this study includes two copper alloy bracelets and two copper alloy spatulas (Figure 1), they are relatively corroded, and no previous analyses or conservation treatments have been conducted on them since their acquisition and placement in the storage area of the museum.

The mineralogical composition of corrosion products on the artifacts was examined by X-ray diffraction (XRD) and/or scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM/EDX). For the twisted–strands bracelet, a sample collected from the pale green powdery corrosion spots was analyzed using a Shimadzu LabX, XRD–6000 X-ray diffractometer to determine its mineralogical composition. The X-ray was generated from an anticathode Cu tube with a wavelength $\text{CuK}\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$. The analysis range was $10^\circ\text{--}80^\circ 2\theta$ and the scan speed was 2° per minute. The powdery corrosion products on the other three artifacts were not sufficient for XRD sampling. The elemental composition of the corrosion layers and original alloys of all artifacts were examined by SEM/EDX. Small cross–sections were taken from a strand of the twisted–strands bracelet, the spiral around the end of the snake–shaped bracelet, and the edges of the two spatulas using a fine jeweler’s saw. The cross–sections were embedded in an Araldite 2020 epoxy resin. After 24 hours curing period, they were ground on silicon carbide papers down to 3000 grit, then gradually polished using 9–0.25 μm alumina suspensions and diamond pastes. The samples were ultrasonically cleaned in ethanol and finally dried. The SEM/EDX analysis was executed using a FEI–Quanta 200 analyzer.

The embedded cross–sections were also examined using an Optika IM–3MET inverted metallurgical microscope to investigate their corrosion profile. They were then etched with alcoholic ferric chloride to investigate their microstructures using cross-polarized light microscopy (PLM) to determine the manufacturing technique [32]. PLM photomicrographs were captured using an Optika C–P8 digital camera attachment.



Figure 1. Before the stabilization treatment: *a)* twisted–strands bracelet; *b)* snake–shaped bracelet; *c)* flat–spoon spatula; *d)* twisted–handle spatula with a missing spoon.

The microhardness of the internal uncorroded alloy of the cross–sections was measured using a digital micro–Vickers hardness tester (HVD–1000 M). A diamond indenter was used for the microhardness testing and the measurements were obtained using a 4.904 N load with a 15 s dwell time. The microhardness measurements were calculated from the average values of six points measured for each sample [20].

Determining the potentiostatic reduction parameters of the corrosion products on the artifacts was carried out by potentiodynamic polarization scans in the cathodic direction from

the corrosion potential (E_{corr}) to -1.8 V vs the mercury/ mercurous sulfate ($\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{SO}_4$) reference electrode filled with saturated potassium sulfate (10 % w/w) (Gamry Instruments) with a scanning rate of 1.0 mV/s. The potential of the reference electrode is 0.615 V vs the normal hydrogen electrode (NHE). A three-electrode electrochemical cell connected to a potentiostat (Vertex, Ivium Technologies, The Netherlands) was prepared. For each artifact, one liter of a 1 % w/v sodium sesquicarbonate dihydrate ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) solution was used as the electrolyte. Each artifact was completely submerged in the electrolyte and held by a copper wire wrapped around it and connected to the alligator clip of the working electrode's wire outside the electrolyte. A stainless-steel mesh (T-316) with a surface area equaling or bigger than the surface area of the artifact was used as the counter electrode in the electrochemical cell. The immersion of the whole object in the electrolyte allowed to overcome the variability of the surface microtopography and underlying microstructures. It should be noted that referring to standard reduction potentials for the copper and silver minerals to interpret the reduction peaks appearing in the cathodic polarization curves is indicative but not conclusive, which is attributed to the presence of mixtures of corrosion products on the artifacts, which could overlap in their reduction peaks, however the XRD and SEM/EDX analyses results and the available literature data aided in the interpretation of the appearing peaks. Before the electrochemical treatments, the artifacts were degreased in acetone to ensure complete wetting of the surfaces.

Based on the cathodic polarization scan results, the potentiostatic reduction process was carried out at -1.4 V for all artifacts, which was sufficient to assure a complete reduction of all identified corrosion products while avoiding hydrogen evolution that might obliterate the surfaces during the treatment. The reduction process was monitored by chronoamperometry (CA) to determine the endpoint of the treatment, which is achieved by having a low and stable current value indicating the completion of the reduction process [24, 28, 30]. Following the potentiostatic reduction process, the artifacts were rinsed with deionized water with gentle brushing to clean the reduction residues and improve their appearance. To restore a unified silvery appearance of the snake-shaped bracelet after the treatment, the reduced copper spots on the surface were removed by wiping using cotton swabs moistened with a diluted solution of silver nitrate (AgNO_3).

Finally, the artifacts were cleaned with deionized water followed by dehydration in acetone. Since the artifacts' storage area is not environmentally controlled, they were coated with Paraloid B72 to protect them against environmental agents of deterioration that may cause corrosion such as high relative humidity and pollutant gases, and the edge of the flat-spoon spatula was fixed to its handle using a 20 % Paraloid B72 adhesive.

Results and discussion

Examination of the artifacts' corrosion products by XRD and/or SEM/EDX

The XRD characterization of the corrosion sample taken from the twisted-strands bracelet shows the presence of atacamite/paratacamite (α and γ - $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$), cuprite (Cu_2O), and malachite ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) as the main corrosion products (Figure 2). Cuprite is the first forming corrosion product on copper alloy surfaces in the presence of oxygen and moisture. The presence of malachite indicates a high carbonate content in the burial soil of the artifacts, it is anticipated to form in carbonate-rich soils with $\text{pH} > 7.5$ [20, 33], while the presence of chloride-based corrosion products suggests that dissolved chlorides ions in the surrounding soil caused the formation of powdery atacamite/paratacamite minerals in the active corrosion process commonly known as bronze disease. The loss of parts of these powdery corrosion products formed corrosion pits in the surface of the artifact. As this corrosion reaction is active in the presence of oxygen and humidity in the surrounding environment, it can continue until it completely destroys the artifact [20, 34–37]. Similar powdery green corrosion spots are

appearing on the other three artifacts, which suggests a similar corrosion mechanism, however the corrosion products on those artifacts were not sufficient for XRD sampling. The presence of quartz (SiO_2) and calcite (CaCO_3) in the XRD analysis result is attributed to contamination with soil minerals from the burial environment.

For the SEM/EDX analysis, the SEM images of the cross-section taken from the twisted-strands bracelet show an external corrosion layer followed by internal corrosion pits above the uncorroded alloy (Table 1). The EDX analysis of the internal alloy shows that it is made of a quaternary copper-zinc-tin-lead alloy (Table 2). The small white islets present in the SEM image are the alloy α -phase insoluble lead (Pb) globules. Lead is added to reduce the melting point and increase the fluidity of the molten alloy, which results in better quality casts, therefore facilitating its casting process, while the small amounts of tin and zinc are soluble in the α -phase and increase the strength and hardness of the alloy [38–39]. Investigating the external corroded parts of the cross-section shows that the principal corrosion mechanism is intergranular corrosion. The presence of lead globules at the grain boundaries of the alloys has formed weakness areas where the intergranular corrosion proceeds [32]. The EDX analysis of the external corrosion layer shows the presence of carbon and oxygen, which possibly indicates the presence of oxide and carbonate corrosion products such as cuprite (Cu_2O) and malachite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) (Table 2). The EDX analysis of the next corrosion area appearing as deep corrosion pits between the crystals shows a tin and zinc rich zone with the presence of chlorine (Table 2), which suggests a decuprification process causing copper depletion from the alloy during the active chloride-based corrosion process. The chloride containing burial environment in the archaeological site would have promoted the mobilization of the soluble CuCl_2^- complex outside the alloy, which then underwent oxidative hydrolysis to the powdery basic cupric chlorides ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) detected in the XRD analysis [34–37].

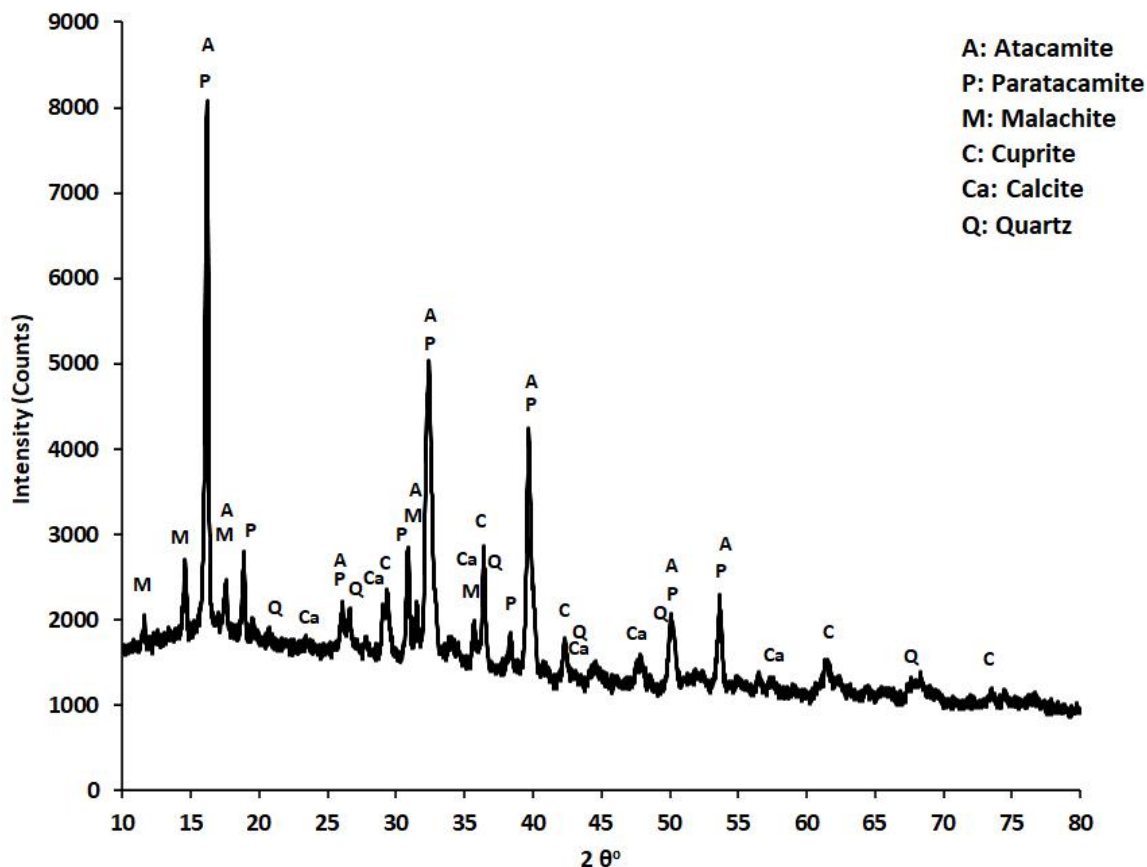


Figure 2. XRD analysis of the twisted-strands bracelet corrosion products.

The SEM images of the cross-section taken from the snake-shaped bracelet shows two alloy zones covered with an outer corrosion layer. The internal alloy zone is less porous than the external zone (Table 1). The EDX analysis of the inner zone marked (a) shows the presence of copper (70.9 wt. %), silver (20 wt. %), zinc (8.7 wt. %), and a small amount of tin (0.4 wt. %) (Table 2). The dark gray structure is the α -copper rich dendrites, while the light gray infill is the silver rich $\alpha+\beta$ eutectic structure, which were confirmed by EDX spot analyses. For the external porous alloy zone marked (b), the wt. % of copper decreases to 34.1 %, and the silver wt.% increases to 54.6 % with the presence of 10.6 % Cl and 0.7 % O (Table 2). This suggests that the bracelet is made of a silver-copper-zinc alloy that had its surface enriched with silver by the depletion silvering method; a technique that includes alternating hammering, annealing, and pickling off the surface copper and zinc oxides formed to obtain a silvery outer surface, i.e. the near surface zone below the surface corrosion products is rich in silver, which in the uncorroded state was giving the bracelet the appearance of pure silver, although the average silver content of the original copper-silver alloy is about 20 % [40-41]. The presence of chlorine in the EDX analysis for the external alloy zone marked (b) in Table 1 and the presence of powdery pale green corrosion spots at the surface of the bracelet suggest a galvanic corrosion mechanism which led to an acceleration in the corrosion of the anodic metal, copper, at the residual α -copper rich dendrites of the external copper depleted zone, while protecting the cathodic silver rich eutectic microconstituent. The selective dissolution of copper into the surrounding environment was followed by a formation of copper enriched layer with the redeposition of corroded copper onto the surface in the form of corrosion products. The powdery pale green corrosion products are possibly the basic cupric chlorides that formed by the oxidative hydrolysis of cuprous chloride in the active corrosion process commonly known as bronze disease. Although silver is the cathodic metal in galvanic Ag-Cu couple, it can also suffer corrosion because of local action cells and forms insoluble AgCl patches in the external Ag rich zone [30, 42-43]. The SEM/EDX analysis of the corrosion products extended beyond the original surface of the cross-section (Table 1: 2.2 area (a), Table 2) shows the presence of Cu (74.5 %), C (5.5 %), and O (19 %) which possibly suggests the presence of copper oxides and basic cupric carbonates such as malachite that appears as a blue-green corrosion layer obscuring the original silvery appearance of the bracelet.

The SEM/EDX analysis of the internal sound alloy in the cross-section taken from the flat-spoon spatula shows that it is made of a quaternary copper-zinc-tin-lead alloy (Table 1 and Table 2). Tin is present in a small amount (0.8 %), therefore it could be considered a leaded brass artifact in terms of historic metallurgy. The small amount of tin could have come from the smelting of tin containing copper ore, or because of recycling scrap bronze in the manufacture of the object [44-45]. The SEM image of the internal alloy shows several white globules, which were identified as lead by an EDX spot analysis. The SEM/EDX analysis at the area marked (a) in the corrosion blister at the edge of the cross-section in Table 1 shows the presence of copper, oxygen, and chlorine (Table 2), which possibly indicates a basic cupric chlorides corrosion blister resulting from the active chloride-based corrosion of copper. The SEM/EDX analysis of the internal corroded area marked (b) in Table 1 shows that it is chloride-based and is rich in zinc and lead. Oxygen and carbon are also detected which strongly indicates oxide and carbonate corrosion products (Table 2). This suggests that the corrosive attack is also causing the leaching of zinc towards the external layer [20, 46]. The high concentration of lead in the outer layer of the alloy indicates the artifact was initially cast in a mold where it was allowed to slowly cool, and due to gravity segregation pooled down to the bottom of the mold and solidified in the external part of the alloy [47].

Table 1. SEM images of the internal alloys and corroded edges of the artifacts.

Artifact	Internal alloy	Corroded edge
Twisted–strands bracelet		
Snake–shaped bracelet		
3.Flat–spoon spatula		
Twisted–handle spatula		

Table 2. EDX analysis results (wt. %) for the alloys and corroded edges of the artifacts.

Artifact	Analyzed area	Elements									
		Cu	Sn	Zn	Pb	Ag	O	C	Cl	Mg	S
Twisted–strands bracelet	Internal alloy (full frame)	89.3	2.1	1.1	7.4						
	Corroded edge (area (a))	58.3	0.7	5.2	25.9		8.1	1.8			
	Corroded edge (area (b))	76.6	6.3	10.1			2.9	1.4	2.7		
Snake–shaped bracelet	Internal alloy zone (area (a))	70.9	0.4	8.7		20.0					
	External alloy zone (area (b))	34.1				54.6	0.7		10.6		
	Corroded edge area (a)	74.5					19.0	5.5		0.9	
Flat–spoon spatula	Internal alloy (full frame)	72.7	0.8	14.1	12.4						
	Corroded edge (area (a))	82.2					1.7		16.1		
	Corroded edge (area (b))	17.6	2.0	41.1	29.4		6.0	1.1	2.8		
Twisted–handle spatula	Internal alloy (area (a))	89.5	9.2								1.3
	Corroded edge (area (b))	90.2	3.5				1.8	3.4	1.1		

The SEM/EDX analysis of the internal sound alloy in the cross–section taken from the twisted handle spatula shows that it is made of a tin–bronze alloy (Table 1 and Table 2). The SEM image shows the presence of darker areas in the alloy, which are associated with the presence of the tin–rich $\alpha+\delta$ eutectoid. The presence of S in the EDX analysis is associated with the presence of some unrefined copper sulfide ore inclusions. The EDX analysis of the external corroded area marked (b) shows the presence of carbon, oxygen, and chlorine which may indicate the presence of copper oxides, basic carbonates, and basic chlorides as the corrosion products of this artifact (Table 2). This suggests a decuprification of the copper rich α –phase, which is consistent with an oxygenated burial microenvironment. It seems that the tin (IV) oxide remained as a primary thin corrosion layer underneath the secondary copper corrosion layer. In the chloride–based corrosion of bronze, when the unstable SnCl_3^- ions reach the external environment they undergo oxidative hydrolysis to produce the solid SnO_2 which has higher thermodynamic stability, while the more soluble copper minerals migrate to the margin and form external corrosion products [48–49].

Examination using the polarizing microscope

For the twisted–strands bracelet, the PLM image of the unetched cross–section shows a number of corrosion layers and features at the external edge; an external green layer that includes the malachite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) and atacamite/paratacamite (α and γ – $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) corrosion products, a red–brown cuprite (Cu_2O) patina followed by internal yellow–orange nantokite (CuCl) located at the interface between exterior corrosion layers and internal alloy and along the grain boundaries (Figure 3a) [50–51], which conforms with the XRD and SEM/EDX analysis results. The dark gray phase is rich in zinc and tin as clarified in the SEM/EDX examination, and the white spots are the oxidized lead globules. The image shows a directional pattern for the in Zn–Sn rich phase, lead globules, and the intergranular corrosion cracks, which complies with the twisted nature of the bracelet strands and indicates that the working stress was not completely released in the annealing process.

The PLM examination of the etched internal alloy of the twisted–strands bracelet shows recrystallized equiaxed α –grains with the presence of annealing twins, which resulted from the working and annealing of the artifact in the manufacturing process (Figure 3b). Several lead globules are also appearing as white spots as a result of the etching process. The small grains indicate several cycles of working and annealing, which was finalized with an annealing stage as indicated by the presence of straight annealing twins. The working process caused elongation in the lead globules and coring in the copper rich α –phase was not completely removed by the annealing process of this twisted bracelet [47].

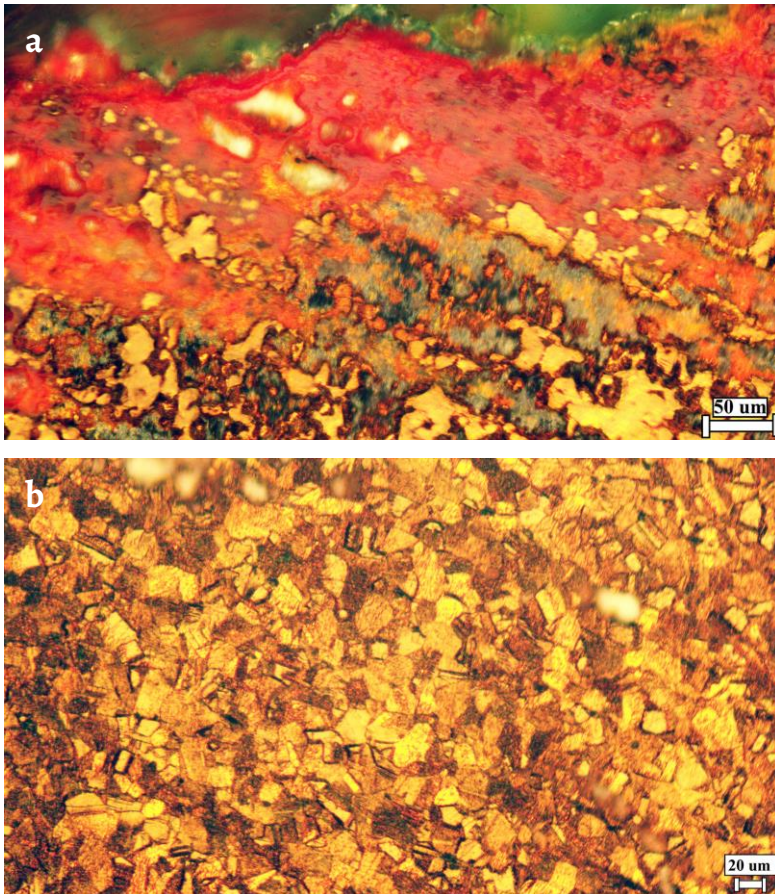


Figure 3. PLM images of twisted–strands bracelet: *a)* the unetched corroded edge; *b)* etched internal alloy.

For the snake–shaped bracelet, the PLM images show an external copper based green corrosion products and internal binary microstructure, typical of copper–silver alloys below the eutectic composition, which contain α –Cu rich dendrites with an infill of a silver rich α + β eutectic. The copper–silver–zinc alloy was most likely surface–enriched with silver by pickling, resulting in copper and zinc depletion at the external area (Figure 4). The depletion silvering was confirmed by the SEM/EDX analysis results. The dendritic segregation of this alloy persists and does not disappear despite the working and annealing process, which causes distortion or flattening in the dendrites along the fabrication direction [32, 52–53].

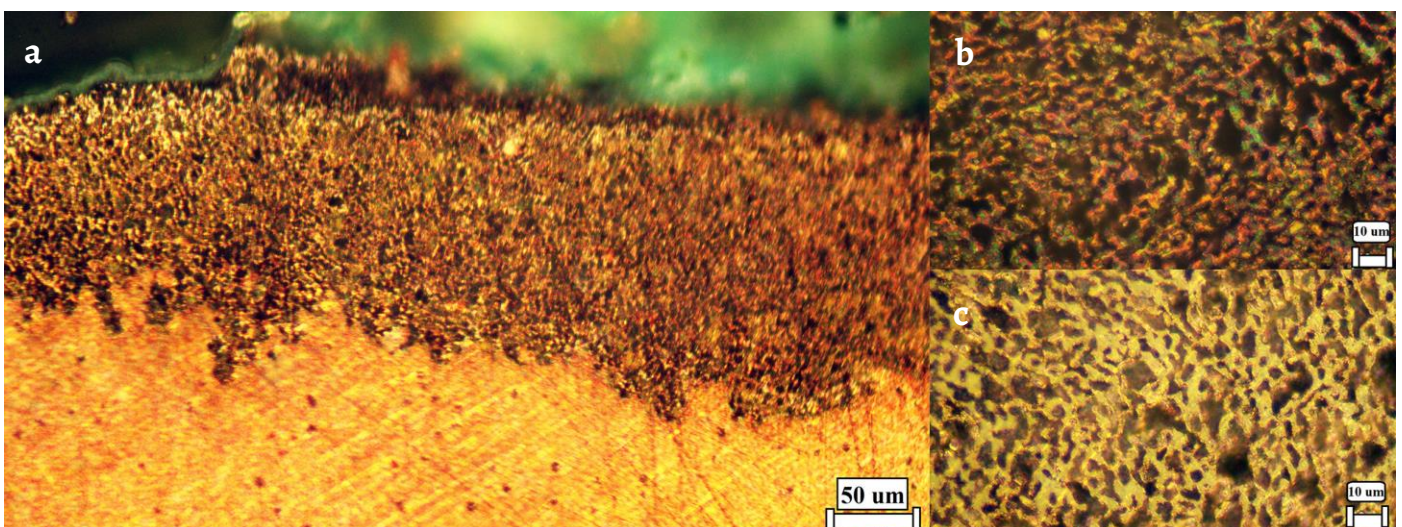


Figure 4. PLM images for the cross–section of the snake–shaped bracelet demonstrating: *a)* unetched corrosion and alloy layers. And the details of the etched: *b)* silver rich alloy zone, and *c)* copper rich alloy zone.

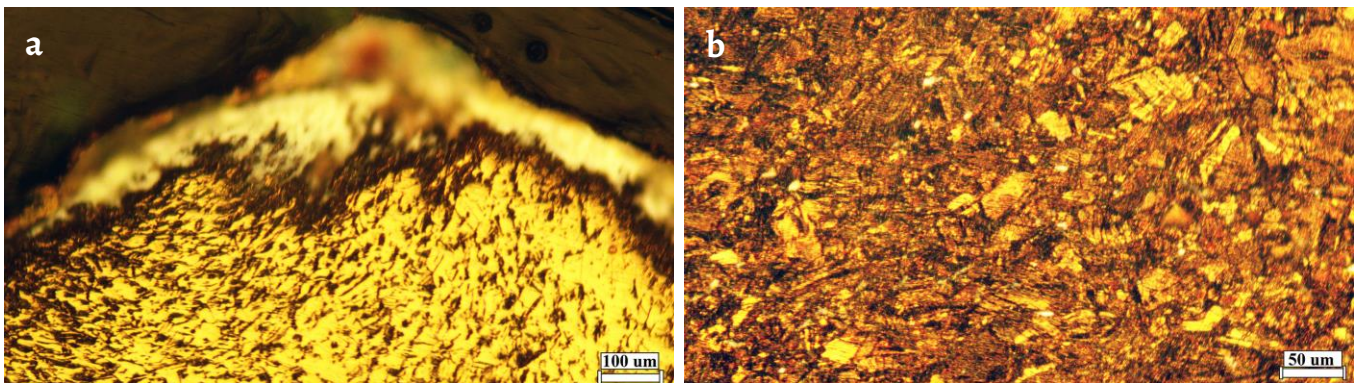


Figure 5. PLM images of the flat-spoon spatula: *a*) the unetched corroded edge; *b*) etched internal alloy.

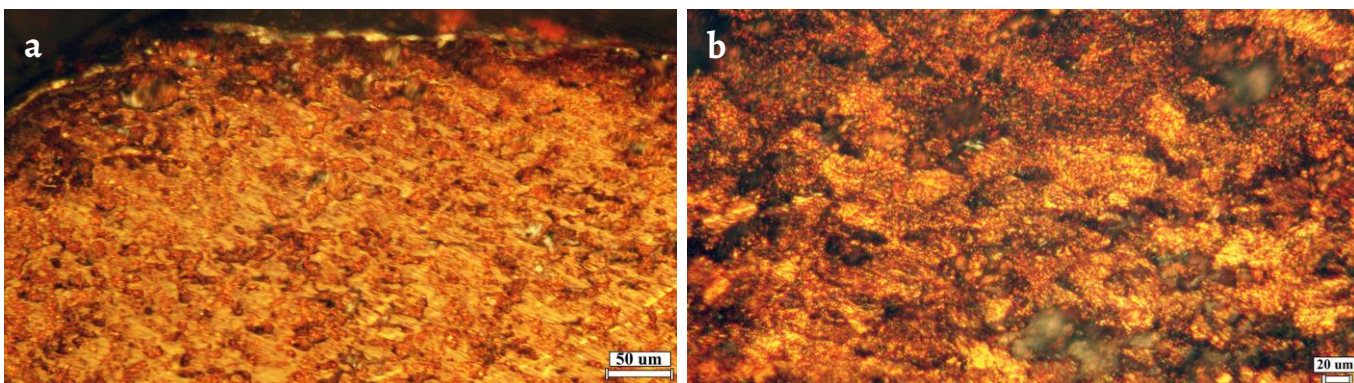


Figure 6. PLM images of the twisted-handle spatula: *a*) the unetched corroded edge; *b*) the etched internal alloy.

For the flat-spoon spatula, the examination of its unetched cross-section using the PLM shows a large amount of lead near the edge of the cross-section. In leaded copper alloys, the lead usually occurs as spherical globules dispersed at the grain boundaries of the alloy, however with high lead content, some gravity segregation may take the lead down to the base or bottom of the mold in the casting process [32, 47]. Therefore, the lead is not uniformly distributed, and a high amount is located near the external surface of the spatula (Figure 5a). Upon cooling after the casting, the lead was separated from the alloy towards the external surface. The lead concentrated near the surface would have given this spatula a grayer shade to the golden color of copper-zinc brass. The partially recrystallized grains of the etched internal alloy indicate that the cast artifact was annealed for a short period of time at high temperature or for a longer period at moderate temperatures. The presence of slightly curved annealing twins and a series of slip lines implies some cold working without sufficient annealing to give the artifact its final shape (Figure 5b) [32, 53–54]. It should be noted that not all alloys are suitable for being hot-worked, leaded brass alloys such as the alloy of this spatula are considered a “hot-short”, which implies that they will tend to break apart on hot-working or become brittle [47].

For the twisted-handle spatula, the top side of the unetched cross-section's PLM image shows a corroded tin-rich $\alpha+\delta$ eutectoid underneath the red cuprite layer (Figure 6a). Investigating the internal alloy microstructure after etching at higher magnification shows a cored distorted dendritic microstructure (Figure 6b), which suggests that the cast object was cold-worked without annealing. The micrograph also shows some porosity that was not eliminated by cold working and some unrefined copper sulfide ore inclusions [32, 36].

Microhardness testing

The microhardness testing results show that the average hardness value is about 114.7 ± 0.9 HV for the twisted-strands bracelet, which is consistent with a quaternary copper-zinc-tin-lead alloy that was worked and annealed in the manufacturing process. On the other hand, the snake-shaped bracelet has two hardness values: 97.5 ± 1.3 HV for the internal copper rich alloy

zone and 25.7 ± 0.6 HV for the external silver rich alloy zone, which is attributed to the higher hardness of copper in comparison with that of silver and the presence of zinc as a third alloying element. The flat-spoon spatula has a 125.4 ± 9.6 HV microhardness value, which matches the expected value for a leaded brass alloy that was cold worked without sufficient annealing to give the object its final shape. The highest microhardness value was 168.7 ± 7.5 HV for the twisted-handle spatula, which conforms with a 9 % tin bronze alloy that was cold-worked without annealing after the casting process of the object. The microhardness testing results are in accordance with the SEM/EDX alloy elemental analysis and metallographic examination results. The variation in the microhardness values of the artifacts is attributed to their compositional differences and various degrees of working and heat treatment [32, 47].

Cathodic polarization scans

The cathodic polarization scans of the artifacts plotted as (Log (current) vs potential) are shown in Figure 7. The twisted-strands bracelet was scanned from E_{corr} at (-0.48 V) to (-1.80 V) in 1 % sodium sesquicarbonate, its cathodic polarization curve in Figure 7 shows three reduction shoulder peaks; the first starts after -0.55 V and can be attributed to the reduction of the basic cupric chloride ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) corrosion products. The second starts at about -0.87 V and reaches its maximum at about -1.00 V and could be attributed to the reduction of cuprous oxide (Cu_2O), this is followed by the third small peak that ends at about -1.34 V and could be attributed to the reduction of the basic cupric carbonate ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) corrosion product. The hydrogen evolution potential starts after -1.40 V [23, 29, 55].

The snake-shaped bracelet was scanned from E_{corr} (-0.40 V) to (-1.80 V) . Its cathodic polarization curve in Figure 7 shows a reduction peak that starts at about -0.55 V and could be attributed to the reduction of the chloride-based corrosion products of silver and copper (AgCl , $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$) [56–57]. The plateau around -1.00 V and the shoulder at about -1.30 V could be attributed to the reduction of Cu_2O and $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ respectively. The progressive increase in the current density after -1.40 V is assigned to the hydrogen evolution reaction.

For the flat-spoon spatula, the potential was scanned cathodically from the E_{corr} at (-0.48 V) to (-1.80 V) . The cathodic polarization curve obtained in Figure 7 shows a small reduction peak that starts at about -0.59 V , which could be referred to the reduction of $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$. This is followed by a long reduction plateau between -0.79 V and -1.05 V , which could be attributed to the reduction of Cu_2O and probably CuO . The reduction slope around -1.30 V is attributed to the reduction of $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, it is followed by the hydrogen evolution potential after -1.40 V as previously mentioned.

Similarly, the potential for the twisted-handle spatula was scanned cathodically from the E_{corr} (-0.47 V) to (-1.80 V) . The cathodic polarization curve obtained in Figure 7 shows a reduction hump that starts after -0.60 V and can be attributed to chloride-based corrosion products ($\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$). The second reduction peak starts at about -0.85 V and reaches its maximum at about -1.00 V , which could be attributed to the reduction of Cu_2O . The third reduction slop starts at about -1.12 V and could be attributed to the reduction of $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. As for the other artifacts, the hydrogen evolution potential starts after -1.40 V [23, 29, 55].

It should be noted that the analysis of the cathodic polarization curves concentrated on the major corrosion products of the main metals in the alloys, therefore the reduction potentials of possible minor corrosion products of the small alloying elements in the bronze or quaternary alloy artifacts were excluded.

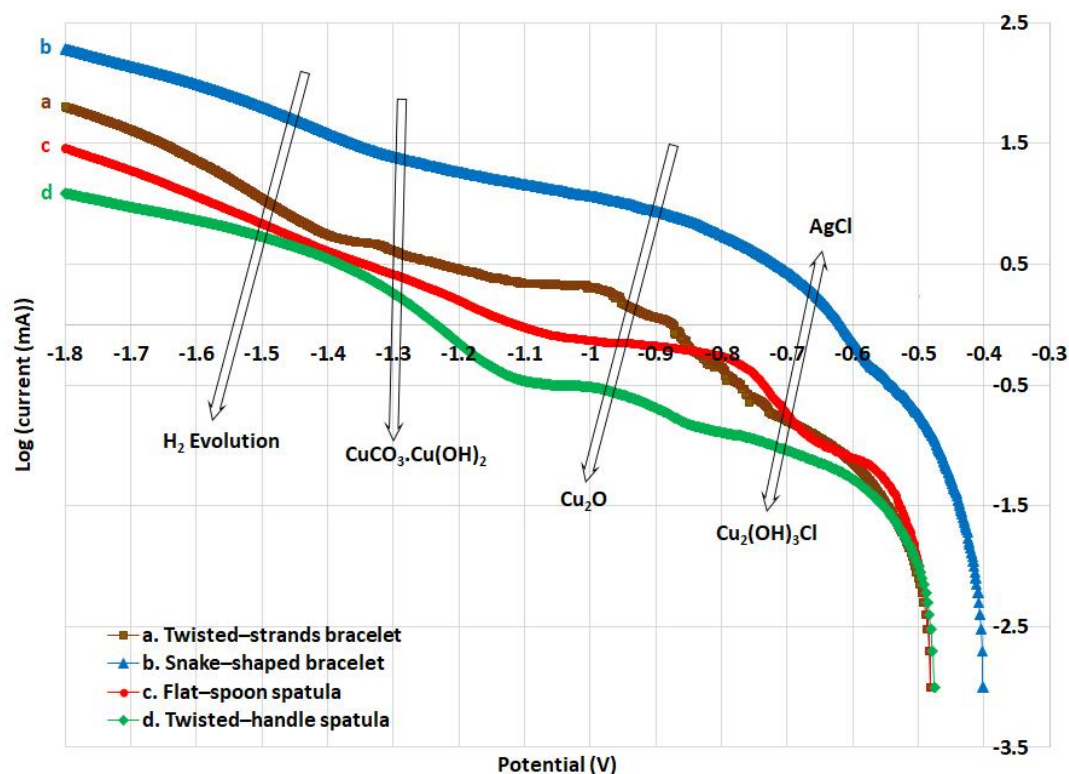


Figure 7. Cathodic polarization scans of the artifacts in 1% w/v ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) solution.

Potentiostatic reduction

Based on the cathodic polarization scan results and comparable literature data, a constant potential of -1.4 V is sufficient to reduce the corrosion products appearing on the copper alloy artifacts and avoid vigorous hydrogen evolution on the surface during the treatment. The process continued until the current reached a low stable value, which indicated the completion of the reduction process. As Figure 8 shows, monitoring the current of twisted-strands bracelet showed that it started from about 29.1 mA at the beginning of the potentiostatic reduction process and decreased to a stable low value of about 2.6 mA after 30 h . Similarly, for the snake-shaped bracelet, the reduction current decreased from 75 mA to 6.3 mA in about 30 h of the potentiostatic reduction process. In the case of the flat-spoon spatula, the reduction current decreased from about 21.8 mA to a low stable value of about 2.1 mA indicating the completion of the reduction process after 22 h . Finally, for the twisted-handle spatula, the current started at 21.3 mA and reached about 6.8 mA after 28 h of the potentiostatic reduction at -1.4 V . The beauty of using such low current densities at a steady voltage is that there is a much greater chance of retention of the original profiles of the artifacts.

The potentiostatic reduction treatment converted the corrosion products on the artifacts to a reduced metal deposited with weak cohesion to the surface. After the completion of the reduction process, the artifacts had mottled dark layers, therefore they were rinsed under running water with gentle brushing from a camel hair artist's brush to clean the reduction residues and improve their appearance, and the copper spots on the surface of the snake-shaped bracelet were wiped with cotton swabs moistened with a diluted solution of silver nitrate (AgNO_3) to unify its silvery appearance [30].

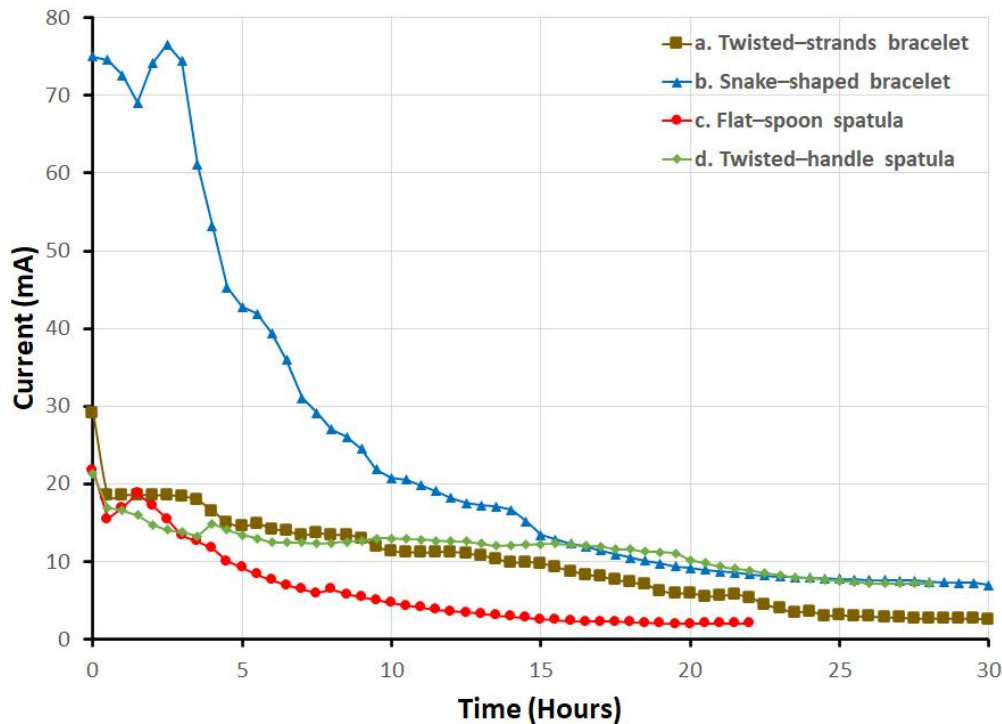


Figure 8. Chronoamperometric curves for the potentiostatic reduction of corrosion products on the artifacts in 1 % w/v ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) solution.

Finally, the artifacts were cleaned with deionized water then dried in acetone. Since they were going back to their environmentally uncontrolled storage area, they were coated with a 3 % Paraloid B72 solution to protect them against environmental agents of deterioration that may cause corrosion such as high relative humidity and pollutant gases. Paraloid B72 is an ethyl methacrylate and methyl acrylate co-polymer with a molar ratio of 70:30 %. It is widely used by metal conservators to coat metals artifacts due to its good adhesion, relative long term stability, transparency, mechanical resistance and reversibility [12, 58–59]. The 3 % Paraloid B72 solution was applied by brushing for three times to form a protective coating layer on the artifacts, and the edge of the flat-spoon spatula was fixed to its handle using a 20 % Paraloid B72 adhesive. The repeated coating is needed to ensure that there is sufficient dry film thickness over the convoluted and microporous surface. Figure 9 shows the images of the artifacts after the end of the treatment.

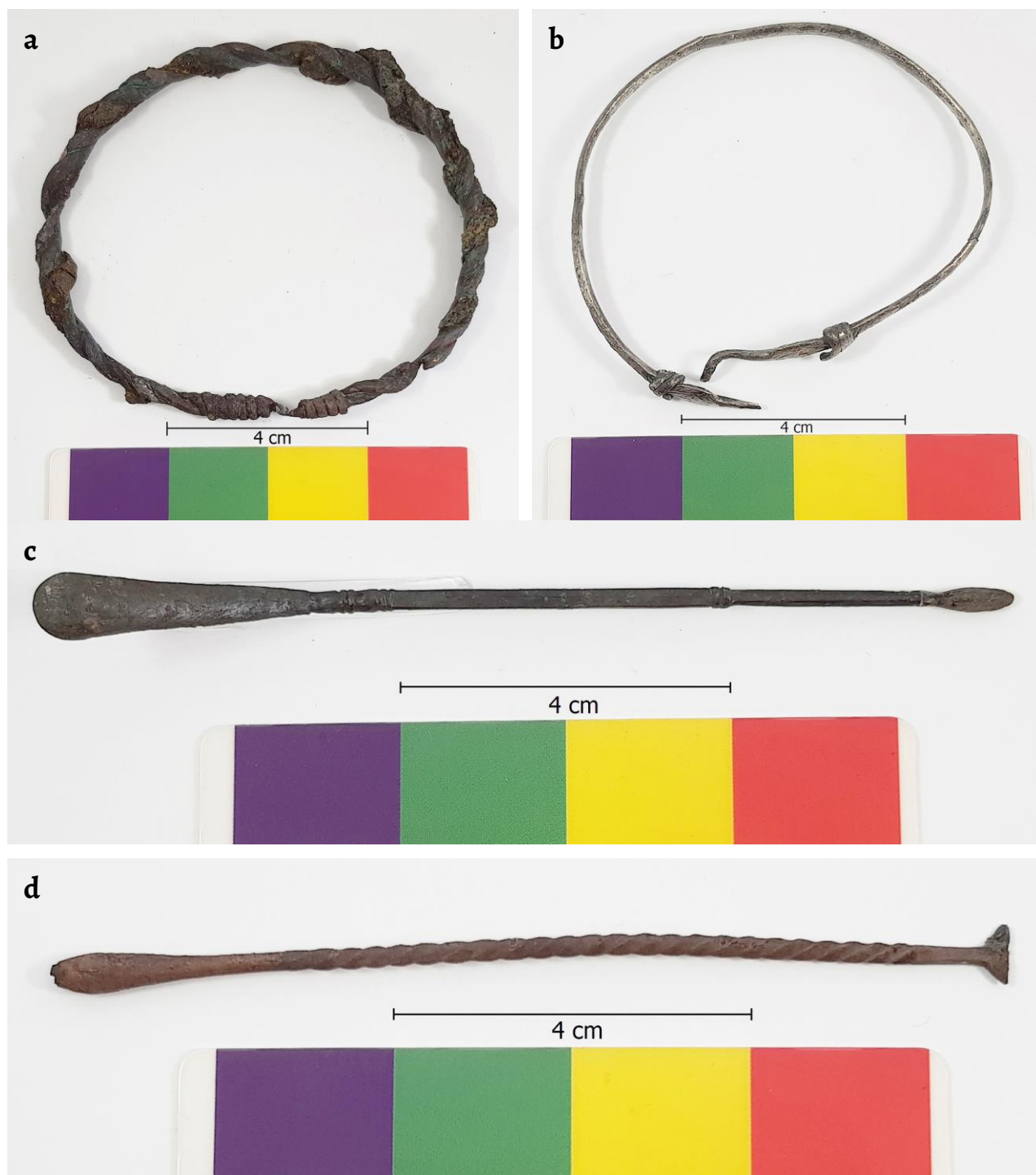


Figure 9. After the treatment: *a*) twisted–strands bracelet; *b*) snake–shaped bracelet; *c*) flat–spoon spatula; *d*) twisted–handle spatula.

Conclusion

The spectroscopic and microscopic analytical investigation of the copper alloy artifacts from the archaeological cemetery that was located on the site of the Queen Ali International Airport site presented the required information to understand their composition, microstructural characteristics, and state of preservation. The cathodic polarization curves of the artifacts in the sodium sesquicarbonate solution were effective in identifying the required working parameters to reduce their corrosion products while avoiding over potential causing vigorous

hydrogen evolution. The monitoring of the corrosion potentiostatic reduction process by chronoamperometry was effective in determining the end of the process. The use of the potentiostatic reduction method helped to preserve the original surface details of the artifacts and prevent aggressive treatment. The versatility and effectiveness of controllable electrochemical methods provide a safe and effective conservation alternative to stabilize actively corroded artifacts, which can then be coated with a conservation grade coating or maintained in an environmentally controlled exhibition or storage area.

Acknowledgements

I would like to thank the Deanship of Scientific Research and Graduate Studies at Yarmouk University for funding this research. I would also like to thank Professor Moawiya Ibrahim for kindly offering me written permission to work on the artifacts and publish the results. Thanks are also extended to Dr. Ian MacLeod for the very constructive and useful comments on the draft of the paper.

REFERENCES

1. Ingo, G. M.; Riccucci, C.; Guida, G.; Albin, M.; Giuliani, C.; Di Carlo, G., 'Rebuilding of the burial environment from the chemical biography of archaeological copper-based artifacts', *ACS Omega* **4** (2019) 11103–11111, <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00569>.
2. Abu-Baker, A. N.; Khalil, L.A., 'An analytical study of the corrosion behavior and microstructural properties of a group of copper alloy artifacts from the Khirbet Yajuz archaeological site, Jordan', in *Metal2022: Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metals Working Group*, eds. P. Mardikian, L. Näsänen, and A. Arponen, International Council of Museums – Committee for Conservation (ICOM-CC) and The National Museum of Finland, Helsinki (2022) 221–230.
3. Oudbashi, O.; Bahadori, S.; Aliyari, A., 'Corrosion Analysis and Assessment of a Collection of Archaeological Copper Alloy Objects from Sagzabad, Northern Iran', in *Metal2022: Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metals Working Group*, eds. P. Mardikian, L. Näsänen, and A. Arponen, International Council of Museums – Committee for Conservation (ICOM-CC) and The National Museum of Finland, Helsinki (2022) 231–239.
4. Thunberg, J. C.; Emmerson, N. J.; Harsányi, I.; Lewis, M.; Watkinson, D. E.; Kis, Z.; Kasztovszky, Z., 'The Role of Patina on Archaeological Copper Alloy Coins in the Outbreak and Progression of Bronze Disease', in *Metal2022: Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metals Working Group*, eds. P. Mardikian, L. Näsänen, and A. Arponen, International Council of Museums – Committee for Conservation (ICOM-CC) and The National Museum of Finland, Helsinki (2022) 203–211.
5. Plenderleith, H. J., *The conservation of antiquities and works of art: treatment, repair and restoration*, Oxford University Press, London (1957) 232–257.
6. Organ, R. M., 'The examination and treatment of bronze antiquities', *Studies in Conservation* **6**(sup1) (1961) 104–110, <https://doi.org/10.1179/sic.1961.s026>.
7. Hamilton, D. L., *Methods of conserving underwater archaeological material culture*, Conservation files: ANTH 605, Conservation of Cultural Resources I. Nautical Archaeology Program, Texas A&M University, (1999), <https://files.pca-cpa.org/pcadocs/ua-ru/04.%20UA%20Rejoinder%20Memorial/01.%20Exhibits/UA-116.pdf> (accessed 2021-09-19).
8. MacLeod, I. D., 'Conservation of corroded copper alloys: a comparison of new and traditional methods for removing chloride ions', *Studies in Conservation* **32**(1) (1987) 25–40, <https://doi.org/10.1179/sic.1987.32.1.25>.
9. North, N. A., *Conservation of metals*, in *Conservation of marine archaeological objects*, ed. C. Pearson, Butterworths, London (1987), 207–252, <https://doi.org/10.1016/B978-0-408-10668-9.50016-2>.
10. Pearson, C., 'On-site storage and conservation', in *Conservation of marine archaeological objects*, ed. C. Pearson, Butterworths, London (1987) 105–116, <https://doi.org/10.1016/B978-0-408-10668-9.50012-5>.
11. Faltermeier, R. B., 'A corrosion inhibitor test for copper-based artifacts', *Studies in Conservation* **44**(2) (1999) 121–128, <https://doi.org/10.1179/sic.1999.44.2.121>.
12. Argyropoulos, V.; Giannoulaki, M.; Michalakakos, G. P.; Siatou, A., 'A survey of the types of corrosion inhibitors and protective coatings used for the conservation of metal objects from museum collections in the Mediterranean basin', in *Strategies for saving our cultural heritage*, eds. V. Argyropoulos, A. Hein, and M.A. Harith, TEI of Athens, Athens (2007) 1–5.
13. Mezzi, A.; Angelini, E.; De Caro, T.; Grassini, S.; Faraldi, F.; Riccucci, C.; Ingo, G. M., 'Investigation of the benzotriazole inhibition mechanism of bronze disease', *Surface and Interface Analysis* **44**(8) (2012) 968–71, <https://doi.org/10.1002/sia.4841>.
14. Abu-Baker, A. N.; MacLeod, I. D.; Sloggett, R.; Taylor, R., 'A comparative study of salicylaldehyde, cysteine and benzotriazole as inhibitors for the active chloride-based corrosion of copper and bronze artifacts', *European Scientific Journal* **9**(33) (2013) 228–251, <https://doi.org/10.19044/esj.2013.v9n33p25p>.
15. Cano, E.; Lafuente, D., 'Corrosion inhibitors for the preservation of metallic heritage artefacts', in *Corrosion and conservation of cultural heritage metallic artefacts*, eds. P. Dillmann, D. Watkinson, E. Angelini, and A. Adriaens, Woodhead Publishing, Cambridge (2013) 570–594, <https://doi.org/10.1533/9781782421573.5.570>.

16. Hassairi, H.; Bousselmi, L.; Khosrof, S.; Triki, E., 'Evaluation of the inhibitive effect of benzotriazole on archeological bronze in acidic medium', *Applied Physics A* **113**(4) (2013) 923–931, <https://doi.org/10.1007/s00339-013-7719-y>.
17. Abu-Baker, A. N.; Al-Qudah, M. A., 'A new dioxime corrosion inhibitor for the protection and conservation of copper: synthesis, characterization and evaluation in acidic chloride solution', *Applied Physics A* **122**(8) (2016) 765, <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0289-z>.
18. Abu-Baker, A. N.; Al-Qudah, M.A., 'A novel dioxime compound for protecting copper in neutral chloride solutions and to treat bronze disease in archaeological artefacts', *AICCM Bulletin* **38**(2) (2017) 94–102, <https://doi.org/10.1080/10344233.2017.1407865>.
19. Abu-Baker, A. N., 'From mono-oxime to tri-oxime: the development of a new group of corrosion inhibitors for copper alloys', in *Metal2019: Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Metals Working Group*, eds. C. Chemello, L. Brambilla, and E. Joseph, International Council of Museums–Committee for Conservation (ICOM-CC) and Haute Ecole Arc Conservation-Restauracion (HE-Arc CR), Neuchâtel (2019) 204–211.
20. Abu-Baker, A. N.; Khalil, L. A.; Al-Gonmeen, T., 'A multi-analytical exploration of the chemical composition, microstructural properties and corrosion inhibiting treatment for an archaeological brass censer from Umm Zuwaytinah, Amman', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* **502** (2021) 73–79, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2021.06.008>.
21. Joseph, E., 'Biopassivation method for the preservation of copper and bronze artefacts', *Frontiers in Materials* **7** (2021) 475, <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.613169>.
22. Pain, S.; Bertholon, R.; Lacoudre, N., 'La dechloruration des alliages cuivreux par electrolyse a faible polarisation dans le sesquicarbonate de sodium', *Studies in Conservation* **36**(1) (1991) 33–43, <https://doi.org/10.2307/1506450>.
23. Bertholon, R.; Bell, B.; Blengino, J. M.; Lacoudre, N., 'Stabilisation de la corrosion d'un objet archéologique en alliage cuivreux par électrolyse à faible polarisation dans le sesquicarbonate de sodium: dernières expériences', in *Metal 95: Proceedings of the International Conference on Metals Conservation*, eds. I. D. MacLeod, S. L. Penne, and L. Robbiola, James & James, London (1997) 209–219.
24. Costa, V., 'Electrochemistry as a conservation tool: an overview', in *Conservation Science 2002*, eds. J. Townsend, K. Eremin, and A. Adriaens, Archetype Publications, London (2003) 88–95.
25. Ehanti, E., 'Optimization of electrolytic stabilization of marine archaeological copper alloys', *BROMECC* **14** (2005) 11, https://warwick.ac.uk/fac/sci/physics/research/condensedmatt/sims/bromec/bromec_14_english.pdf (accessed 2021-09-19).
26. Adriaens, A.; Dowsett, M.; Leyssens, K.; Van Gasse, B., 'Insights into electrolytic stabilization with weak polarization as treatment for archaeological copper objects', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **387** (3) (2007) 861–868, <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0835-1>.
27. Costa, V., 'The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation', *Studies in Conservation* **46**(sup1) (2001) 18–34, <https://doi.org/10.1179/sic.2001.46.Supplement-1.18>.
28. Degrigny, C.; Jeanneret, R.; Witschard, D., 'Local cleaning with the pleco electrolytic pencil of the tarnished saint candido reliquary head at the treasury of Saint-Maurice Abbey, Valais (Switzerland)', *e-Preservation Science* **12** (2015) 20–27.
29. Selwyn, L.; McKinnon, W. R., 'Practical electrochemistry for conservators and conservation scientists: part II: characterizing and treating corroded metals', *Journal of the Canadian Association for Conservation* **42** (2017) 16–32.
30. Abu-Baker, A. N.; MacLeod, I. D., 'An electrochemical simulation and treatment study for the carbonate and chloride based corrosion of heritage silver–copper alloys', *Studies in Conservation* **66**(4) (2021) 190–210, <https://doi.org/10.1080/00393630.2020.1796020>.
31. Ibrahim, M. M.; Gordon, R. L., *A cemetery at Queen Alia International Airport*, Yarmouk University, Irbid (1987).
32. Scott, D. A., *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (1992).
33. Eary, L. E., 'Geochemical and equilibrium trends in mine pit lakes', *Applied Geochemistry* **14**(8) (1999) 963–987, [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(99\)00049-9](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00049-9).
34. MacLeod, I. D., 'Bronze disease: an electrochemical explanation', *ICCM Bulletin* **7**(1) (1981) 16–26, <https://doi.org/10.1179/iccm.1981.7.1.002>.
35. Scott, D. A., 'Bronze disease: a review of some chemical problems and the role of relative humidity', *Journal of the American Institute for Conservation* **29**(2) (1990) 193–206, <https://doi.org/10.1179/019713690806046064>.
36. Abu-Baker, A., 'Investigating the corrosion and microstructure of five copper-based archaeological artefacts from Tell el-Ajjul', *AICCM Bulletin* **31**(1) (2008) 87–96, <https://doi.org/10.1179/bac.2008.31.1.008>.
37. Fierascu, R. C.; Ion, R. M.; Fierascu, I., 'Archaeometallurgical characterization of numismatic artifacts', *Instrumentation Science and Technology* **43**(1) (2015) 107–114, <https://doi.org/10.1080/10739149.2014.961642>.
38. Craddock, P. T., 'The composition of the copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman civilizations: 3. The origins and early use of brass', *Journal of Archaeological Science* **5**(1) (1978) 1–16, [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(78\)90015-8](https://doi.org/10.1016/0305-4403(78)90015-8).
39. Čechák, T.; Hložek, M.; Musílek, L.; Trojek, T., 'X-ray fluorescence in investigations of archaeological finds', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* **263**(1) (2007) 54–57, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2007.04.176>.
40. Hörz, G.; Kallfass, M., 'The treasure of gold and silver artifacts from the Royal Tombs of Sipán, Peru – a study on the Moche metalworking techniques', *Materials Characterization* **45**(4–5) (2000) 391–419, [https://doi.org/10.1016/S1044-5803\(00\)00093-0](https://doi.org/10.1016/S1044-5803(00)00093-0).
41. Giumlia-Mair, A., 'Plating and surface treatments on ancient metalwork', *Advances in Archaeomaterials* **1**(1) (2020) 1–26, <https://doi.org/10.1016/j.aia.2020.10.001>.
42. Angelini, E.; de Caro, T.; Mezzi, A.; Riccucci, C.; Faraldi, F.; Grassini, S., 'Degradation Mechanisms Occurring in Precious Metallic Artefacts', *Surface and Interface Analysis* **44**(8) (2012) 947–952, <https://doi.org/10.1002/sia.3854>.
43. Mezzi, A.; De Caro, T.; Riccucci, C.; Angelini, E.; Faraldi, F.; Grassini, S., 'Micro-chemical Surface Investigation of Brittle Carthaginian and Roman Silver Artefacts', *Surface and Interface Analysis* **44**(8) (2012) 972–976, <https://doi.org/10.1002/sia.4845>.

44. Thornton, C. P., 'Of brass and bronze in prehistoric Southwest Asia', in *Metals and mines: studies in archaeometallurgy*, eds. S. La Niece, D. Hook, and P. Craddock, Archetype Publications and British Museum, London (2007) 123–135.
45. Bottaini, C.; Mirão, J.; Candeias, A.; Catarino, H.; Silva, R. J.; Brunetti, A., 'Elemental characterisation of a collection of metallic oil lamps from South-Western al-Andalus using EDXRF and Monte Carlo simulation', *European Physical Journal Plus* **134** (2019) 365, <https://doi.org/10.1140/epjp/i2019-12894-4>.
46. El-Mahdy, G. A., 'Electrochemical impedance study on brass corrosion in NaCl and (NH₄)₂SO₄ solutions during cyclic wet–dry conditions', *Journal of Applied Electrochemistry* **35**(3) (2005) 347–353, <https://doi.org/10.1007/s10800-004-8347-1>.
47. Scott, D. A.; Schwab, R., *Metallography in art and archaeology (cultural heritage science)*, Springer Nature, Switzerland (2019), <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11265-3>.
48. MacLeod, I.; Wozniak, R., 'Corrosion and conservation of tin and pewter', in *Metal 95: Proceedings of the ICOM-CC Metals Working Group Conference*, eds. I. MacLeod, S. Pennec, and L. Robbiola, James & James, London (1997) 118–123.
49. Strandberg, H.; Johansson, L.; Lindqvist, O., 'The atmospheric corrosion of statue bronzes exposed to SO₂ and NO₂', *Materials and Corrosion* **48** (1997) 721–730, <https://doi.org/10.1002/maco.19970481102>.
50. Ingo, G. M.; Çilingiroğlu, A.; Faraldi, F.; Riccucci, C.; Casaletto, M. P.; Erdem, A.; Batmaz, A., 'The bronze shields found at the Ayaniş fortress (Van region, Turkey): manufacturing techniques and corrosion phenomena', *Applied Physics A* **100** (2010) 793–800, <https://doi.org/10.1007/s00339-010-5656-6>.
51. Żmuda-Trzebiatowska, I.; del Hoyo-Meléndez, J. M.; Śliwiński, G., 'Material composition evaluation of historical Cu alloy aquamanilia by complementary XRF and LIBS measurements', *European Physical Journal Plus* **134** (2019) 269, <https://doi.org/10.1140/epjp/i2019-12705-0>.
52. Scott, D. A., *Ancient metals: microstructure and metallurgy volume I*, Conservation Science Press, Los Angeles (2012).
53. Giannossa, L. C.; Loperfido, S.; Caggese, M.; De Benedetto, G. E.; Laviano, R.; Sabbatini, L.; Mangone, A., 'A systematic characterization of fibulae from Italy: from chemical composition to microstructure and corrosion processes', *New Journal of Chemistry* **37**(4) (2013) 1238–1251, <https://doi.org/10.1039/C2NJ40362E>.
54. Delrue, P., *Archaeometallurgical analyses of pre-Islamic artefacts from ed-Dur (Emirate of Umm al-Qaiwain, U.A.E.)*, PhD dissertation, University of Ghent (2008), <https://biblio.ugent.be/publication/4147771/file/4147778.pdf>, (accessed 2021-09-19).
55. Leyssens, K.; Adriaens, A.; Degrişny, C., 'Electrochemical monitoring of the storage or stabilization of archaeological copper based artefacts in sodium sesquicarbonate solutions', in *ICOM-CC 14th Triennial Meeting preprint*, ed. I. Sourbès-Verger, James & James, London (2005) 301–309.
56. Zaky, A. M., 'Electrochemical behaviour of copper–silver alloys in sodium carbonate aqueous solution', *British Corrosion Journal* **36**(1) (2001) 59–64, <https://doi.org/10.1179/000705901101501505>.
57. Zaky, A. M., 'Role of Cl⁻ in breakdown of Cu–Ag alloys passivity in aqueous carbonate solutions', *Electrochimica Acta* **51**(10) (2006) 2057–2062, <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2005.07.013>.
58. Carmen, L. I., 'Biodeterioration of acrylic polymers Paraloid B-72 and B-44: Report on field trials', *Anatolian Archaeological Studies* **15**(2016) 283–289.
59. Vinçotte, A.; Beauvoit, E.; Boyard, N.; Guilminot, E., 'Effect of solvent on PARALOID® B72 and B44 acrylic resins used as adhesives in conservation', *Heritage Science* **7** (2019) 42, <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0283-9>.

RECEIVED: 2022.1.20

REVISED: 2022.5.10

ACCEPTED: 2022.10.16

ONLINE: 2023.4.5



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>.

The Pinelo Palace in Seville: the restoration works by Rafael Manzano between 1969 and 1981

PEDRO BARRERO-
ORTEGA^{ID}
ANTONIO GÁMIZ-
GORDO*^{ID}

Universidad de Sevilla, Avd. Reina
Mercedes 2, Sevilla, España

*antoniogg@us.es

O Palácio Pinelo em Sevilha: as obras de restauro de Rafael Manzano entre 1969 e 1981

Abstract

The Pinelo House-Palace, a singular Renaissance building in Seville, was transformed to be a guest house known as Pensión Don Marcos between 1885 and 1964. Between 1969 and 1981, it was restored by the architect Rafael Manzano Martos to host the new headquarters of the *Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras y de Bellas Artes*. In order to analyze the restoration process, the architect's private archive and other related sources have been investigated. The material available has been compared with modern photographs and plans to evaluate the extent and criteria of the restoration accomplished in coffered ceilings, plaster works and other elements of new construction. In 2010 Rafael Manzano was awarded with the Driehaus Prize by the University of Notre Dame School of Architecture to honor his contributions in the advocacy of architectural heritage and traditions, introducing a new award with his name in Spain and Portugal.

Resumo

O Palácio dos Pinelo, um edifício único renascentista, em Sevilha (Espanha), foi transformado em casa de hóspedes conhecida como Pensión Don Marcos, entre 1885 e 1964. Entre 1969 e 1981, o edifício foi restaurado pelo arquiteto Rafael Manzano Martos para acolher a nova sede das *Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras y de Bellas Artes*. Para analisar o processo de restauro, foi consultado o arquivo privado do arquiteto e outras fontes relacionadas. O material disponível foi comparado com fotografias e planos actuais, para compreender a extensão e critérios do restauro realizado em tetos caixotados, obras em gesso e outros elementos de nova construção. Em 2010 Rafael Manzano foi galardoado com o Prémio Driehaus pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Notre Dame, para honrar as suas contribuições na defesa do património e tradições arquitetónicas, introduzindo um novo prémio com o seu nome em Espanha e Portugal.

KEYWORDS

Heritage
Architecture
History
Driehaus Prize
Royal Academies

PALAVRAS-CHAVE

Património cultural
Arquitetura
História
Prémio Driehaus
Academias Reais

Introduction

The House-Palace of the Pinelo family, known as Casa de los Pinelo, is a fine though singular example of the Renaissance architecture in Seville. This construction represents the splendour of a period in which Spain started to trade with America and the city became of the most important of the world at the time. After the transformation of the palace in the guesthouse *Pensión Don Marcos* between 1885 and 1964, Rafael Manzano Martos executed the restoration works between 1969 and 1981 for the purpose of hosting the new headquarters of the *Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras y de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría*, institutions devoted to cultural, scientific, and artistic research and promotion. The aim of this study is to document and analyze these noteworthy though little-known restoration works.

The methodology applied to this aim is based on the analysis of the projects preserved in the National Archives of Spain, *Archivo General de la Administración de España*, located in Alcalá de Henares, Madrid; the private archive of Rafael Manzano and other archives of professionals who participated in the works; as well as the documents related kept at the *Archivo Municipal de Sevilla*. Other institutions consulted as documentary sources were the *Archivo Catedral de Sevilla*, the *Archivo Histórico Provincial de Sevilla*, and archive of FIDAS foundation at the official College of Architects of Seville. Finally, a series of personal interviews with Rafael Manzano, a photographic work of the palace current state and new plans have also facilitated the identification and appreciation of the architectural elements examined.

With respect to the bibliography on the Pinelo palace, the following contributions must be highlighted: two articles by Rafael Manzano [1-2], an unpublished doctoral thesis plus an article by Pedro Barrero [3-4], three recent papers by Pedro Barrero and Antonio Gámiz on the description of the palace in a 1542 document regarding the use of the palace as a guesthouse and on its wood ceilings [5-7], plus an article on its singular mezzanine ceilings [8]. In terms of historical context, a book by Teodoro Falcón [9], and three articles by Eduardo Ybarra on the Pinelo family and the expropriation of the palace in the nineteenth century [10-12], must also be highlighted.

Short description and historical context

The Pinelo palace was built around the year 1500 by a family of wealthy Genoese merchants who had an important role within the *Casa de la Contratación* in Seville, as well as in the relationship between Spain and America. The building is located near the cathedral, in an urban area of Medieval origin, where the Abades and Segovias streets intersect. The belvedere at the corner of the edifice (Figure 1a) was the first in Seville displaying the influence of Renaissance Italian villas.

The palace layout consists of three coterminous patios, following a common design in Spanish Medieval architecture [13]: an access patio or entry hall (Figure 1b), the main patio or *patio de honor* (Figure 1c), and a third courtyard or garden (Figure 1d) extending up to the party walls. The main patio and its arcades are part of a sequence showing the evolution of the architectural language in the Sevillian palace-houses of great historical and artistic value: the palace of King Don Pedro in the city Alcazar, *Casa de Pilatos*, Las Dueñas, Pinelo, and Mañana.

The Genoese and head of the Pinelo household in Seville, Francisco Pinelo, was one of the wealthiest merchants in the city towards the end of the fifteenth century. He funded crucial enterprises of the Spanish Crown, such as the wars of Granada and Naples, or the first voyages of Christopher Columbus, with whom he shared a close relationship due to their common origins in Genoa [10, 12].



Figure 1. Pinelo Palace: *a)* access to the palace; *b)* patio entry hall; *c)* main patio; *d)* courtyard. Authors' photographs (2021).

The Pinelos introduced major architectural changes in their palace -particularly in the main patio- which contrasted with the local Gothic-Mudejar tradition. The report of the 1969 restoration project by Rafael Manzano appraised this patio as a Sevillian Renaissance master work due to the plaster work displayed in the arches on Genoese marble columns and the renounce to any Mudejar trait in the ornamentation. Towards the end of the nineteenth and early twentieth-century, the patio served as a model for several houses of the Renaissance Revival architecture, such as the ones owned by Conde de Ibarra, Sánchez-Dalp, Salinas, and others nowadays disappeared [14].

Though the Pinelo family did not dwell in the palace for a long time, there is documentary evidence of the residence of both Francisco Pinelo and later his eldest son, Jerónimo Pinelo until his death on September 10th, 1520 [10]. On April 25th, 1523, his brother Pedro Pinelo sold the house to the Church, the institution that maintained it and rented it until its expropriation under the law of Pascual Madoz in 1855 [12]. In 1870, the palace was sold in a public auction and towards 1885 it was rented and transformed into a guesthouse under the name of *Pensión Don Marcos* [6].

For the purpose of transforming the palace in a guest house, its interior was remodelled to accommodate a total of 75 rooms. The location of the old main entrance was shifted to restructure the common areas of guest flow and to fit new rooms at the entry hall patio. Another significant transformation took place in the Renaissance arcades of the main patio: the upper galleries were walled up, therefore hiding arches and columns, to place the balconies of the new rooms.

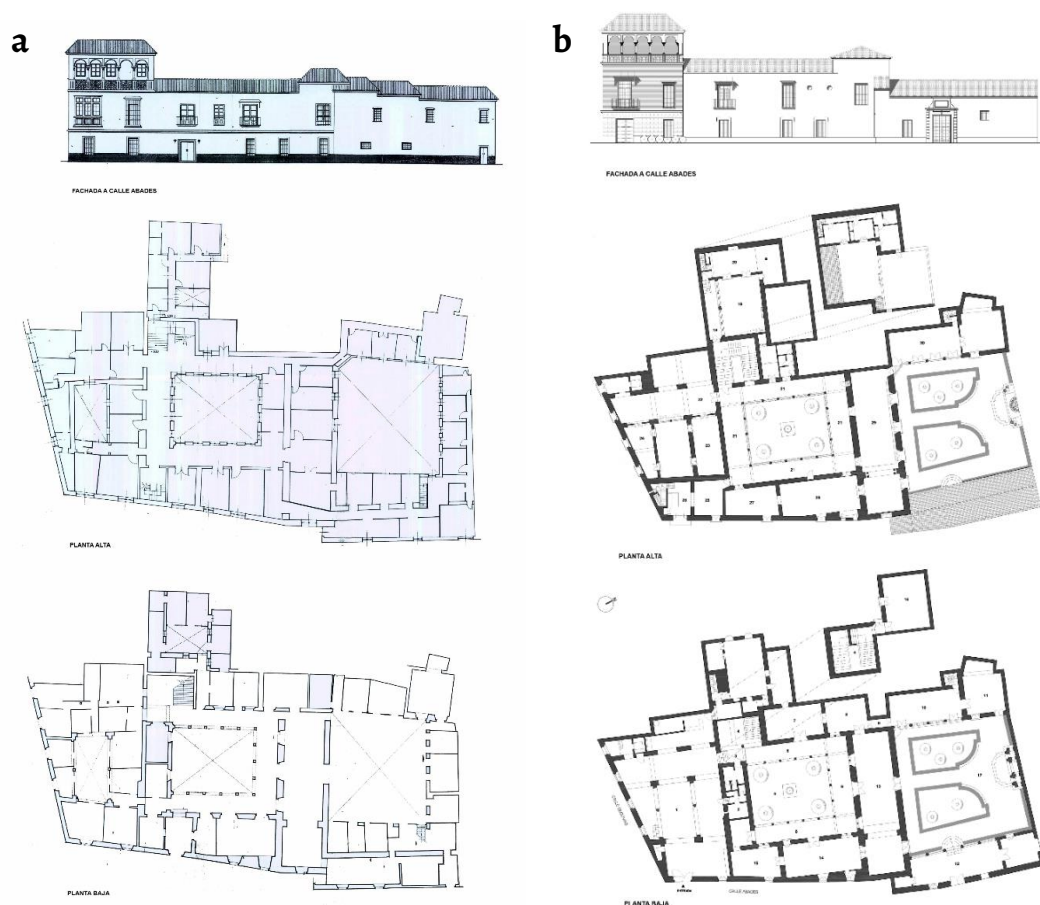


Figure 2. Elevation and floor plans of Pensión Don Marcos: *a*) based on Jesús Gómez-Millán drawing (1964) [15]; *b*) current state. Authors' drawing (2021).

The building was declared a National Historic-Artistic Site on February 5th, 1954. The layout of Pensión Don Marcos is known through postcards from the early twentieth century, later photographs, and thanks to the plans by local architect Jesús Gómez-Millán, drawn in 1964 for the expropriation project (Figure 2a). In them it is possible to observe major transformations when compared with its current state (Figure 2b).

In 1966, the Pinelo palace was acquired by the company *El Corte Inglés* and donated to the city council to compensate the loss of two historical edifices, the palace of Sánchez-Dalp and the old Duque warehouses, whose plot was used to build a modern shopping centre [3].

In 1967, once the palace was in the hands of the council, the urgent works to substitute the damaged roofs started, and the partitions of the Pensión Don Marcos were demolished, keeping the original walls. Between 1967 and 1971, architect Jesús Gómez-Millán conducted these first works funded through the *Comisión Administradora del Impuesto para la Prevención del Paro Obrero*, a commission belonging to the city council of Seville. These interventions were overlapped in the years 1969-1971 with the commissioned restorations by Rafael Manzano.

Biographical notes on Rafael Manzano

Rafael Manzano Martos was born in Cadiz in 1936 and obtained his architect degree in 1961 at the Higher Technical School of Architecture of Madrid. He was a pupil of Manuel Gómez Moreno, Leopoldo Torres Balbás, Fernando Chueca Goitia, and Francisco Íñiguez Almech, with whom he specialized in architecture history and restoration theory and techniques applied to historical monuments [16].

Manzano Martos served as architect of the later *Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional*, under the Directorate-General of Fine Arts, between 1962 and 1982, and as an architect of the *Servicio de Ordenación de Ciudades de Interés Artístico Nacional*, under the Dirección General de Arquitectura between 1962 and 1970. In those years, prior to the transfer of legal powers from the Spanish government to the autonomous regions, numerous monuments benefited from restorations, many of them still unresearched today [17].

Rafael Manzano was awarded the Gold Medal for Merit in the Fine Arts (Spain) in 1972. From 1968 and for more than forty years he was Professor of History of Architecture and Urbanism, Theory and Technique of Historical Sites Restoration, at the Superior Technical School of Architecture of Seville (ETSA), which he directed between 1974 and 1978. His classes on Architecture History are remembered by many students for the use of drawing and the visits to the historical sites [18-19].

Since 1982, the architect is a member of the *Real Academia de Buenas Letras de Sevilla*, besides, a member of the *Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* in Madrid, and other royal academies. Rafael Manzano was Director-Curator of the Alcázar of Seville from 1970 to 1988, spokesman of the *Patronato de la Alhambra* between 1971 and 1980, and Director-Restorer of Medina Azahara in Córdoba from 1975 to 1985 [16].

In 2010, he was the first architect awarded the Richard H. Driehaus Prize at the University of Notre Dame Laureate (Indiana, USA) (Figure 3a). This is an annual prize that recognizes, since 2003, the excellence of outstanding architects still active, whose works represent the principles of traditional, classical, and sustainable architecture and urbanism in contemporary society and environments with a positive, long-lasting cultural, environmental, and artistic impact.

On the occasion of this ceremony, the philanthropist Richard H. Driehaus decided to create a new award in Spain aimed to promote the heritage preservation and the traditional architecture: the Rafael Manzano Prize of New Traditional Architecture. This award is organized by The International Network for Traditional Building, Architecture & Urbanism (INTBAU), in collaboration with Fundação Serra Henriques, the San Fernando Royal Academy of Fine Arts in Madrid, the higher council of Architects Associations in Spain (*Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España*), and Hispania Nostra association (Figure 3b). Celebrated annually in Spain since 2012 and since 2017 in Portugal, the award recognizes the work of architects who had accomplished restorations of historical sites or architectonic interventions distinguished for their contribution to the conservation, promotion, and advocacy of the values of traditional and classical architecture.

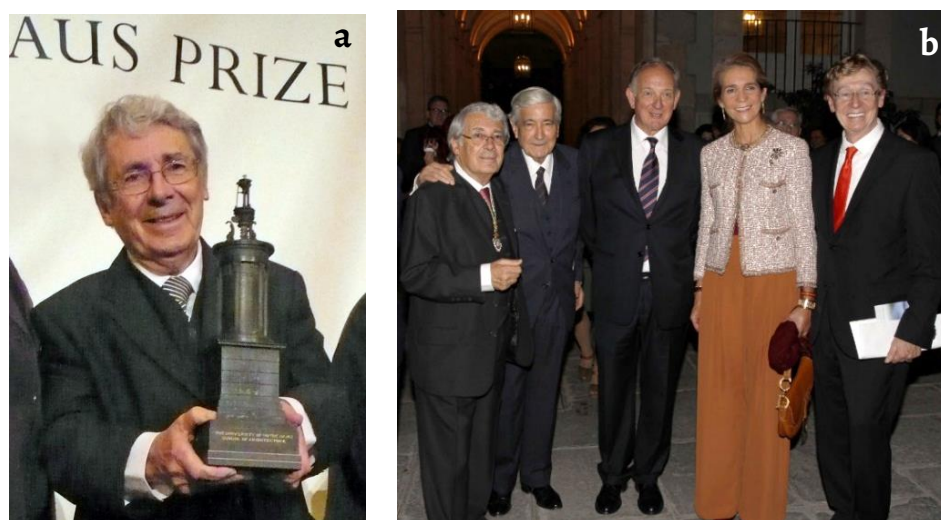


Figure 3. a) Rafael Manzano receiving the Driehaus Prize on March 27th, 2010 (photograph by Carlos Sánchez). b) Ceremony of the first edition of the Rafael Manzano Prize for New Traditional Architecture on October 10th, 2012, honouring architect Leopoldo Gil, besides Lady Elena, Infanta of Spain and Duchess of Lugo; Antonio Bonet, director of the Royal Academy of Fine Arts of San Fernando; Richard Driehaus, president of The Richard H. Driehaus Charitable Lead Trust; and Rafael Manzano (photograph by the Royal Household of Spain) [20].

The Pinelo palace works: Documentation and process

The archives of the Ministry of Culture of Spain (*Archivo Central*) preserve around nine thousand files of projects regarding restoration of monuments between 1940 and 1980 promoted by the Directorate-General for Fine Arts of the former National Ministry of Education. Among these documents, there are 307 files of works accomplished by Rafael Manzano in 121 historical sites in Andalusia, between the years 1963 and 1982 [21]. Thirteen files are preserved on the Pinelo palace, six of them corresponding to the works of new construction on the adjacent plot for the new headquarters of the *Real Academia de Medicina de Sevilla*. Therefore, Rafael Manzano conducted the restoration works at the Pinelo palace after producing seven partial drafts (Figure 4), as the execution advanced, as it was customary in the restoration projects promoted by the Directorate-General for Fine Arts at the time.

At first, the idea was to host a historical museum in the city, but this plan was soon substituted for the plans of the *Reales Academias de Sevilla*: *Real Academia de Buenas Letras* on the ground floor, the *Real Academia de Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría* on the top floor, and the mezzanine was reserved for the *Comisión de Monumentos Históricos y Artísticos de la Provincia de Sevilla*.

The Directorate-General for Fine Arts was then directed by Florentino Pérez Embid, who undertook a major labor in the field of historical heritage in Spain and particularly Andalusia. Although he had to move to Madrid in order to hold his chair in 1950, Pérez Embid always maintained a close relationship with the city of Seville. In words of Rafael Manzano, both shared “besides friendship, the academic life, and the background at the *Real Academia de Buenas Letras*, until the institution was transferred to the Pinelo palace” [22].

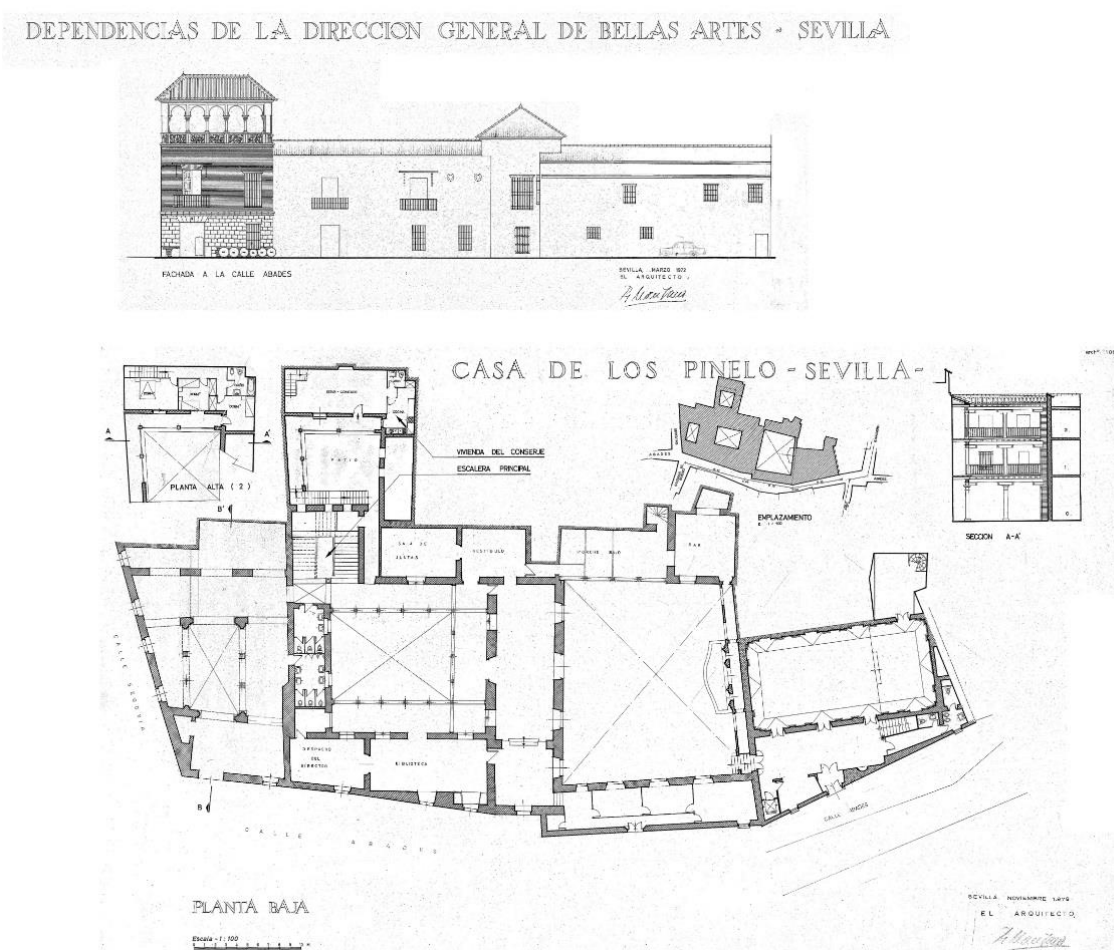


Figure 4. Main elevation and floor plan of the Pinelo palace: March 1972 and November 1978. Drawings by R. Manzano (R. Manzano private archive).

Another important participant in these works, was Ramón Queiro Filgueira, the technical architect, and author of photographs preserved in his own archive. The contractor in charge of the material execution was Ramón Mellado Armendáriz (Armendáriz Construcciones S.L.), though there are invoices between 1969 and 1971, issued by the company Construcciones Serva, S.L., which would undertake the early consolidation works supervised by the local architect Jesús Gómez-Millán, with whom Rafael Manzano coincided in the works carried out between 1969 and 1971. During that period, the palace received precious elements from other historical sites already demolished, donated by the city council, and that would be relocated under the direction and expertise of Rafael Manzano. Among these elements, the banisters placed at the main patio, or the mural fountain installed in the courtyard, both original pieces from the palace of Levís.

The last execution phase, according to the project of November 1978, was commissioned to the company Empresa Constructora Becerra, S.L. In the private archive of Rafael Manzano have been examined, among other documents, building certifications, professional services contracts, as well as the initiation of construction act signed on May 12th, 1979, and its ending date in February 1981.

The restoration project of the belvedere in 1969

The first project for the restoration of the Pinelo palace drafted by Rafael Manzano in 1969 is preserved at the *Archivo General de la Administración* (Sig. caja 70.869). Its report indicated its intended early use, as city museum, and the section II described that the aim of the project was to restore one of the palace most remarkable elements: its corner belvedere.

The works comprised the recovery of the edifice arcades, hidden behind walls to provide space for the rooms required in the Pensión Don Marcos, the shoring to dismount the ruined wood frame, and the construction tie beams in the upper part of the arcades. Over the new tie beams the frame was reconstructed by copying the original materials preserved and the tiled cover was repaired and completed (Figure 5). Then, new metal framings were built over the wood ceilings, which were preserved anchored to the new structure to ensure the overall stability.



Figure 5. Lookout-tower of the Pensión Don Marcos: a) prior state towards 1950 [23]; b) reconstructed frame. Authors' photography (2021).

The restoration project for the city historical museum in 1970

The private archive of Rafael Manzano preserves a project dating from 1970, with no records at the *Archivo General de la Administración*, was aimed to restore the palace to host the city Historical Museum. The workplan included the bolstering of the metal frames, the use of concrete to rebuild the ceilings which had lost their decoration and the application of hidden metal structures to support the old wood ceilings which were not properly secured. The project focused mainly on the ceilings of the ground floor at the entry hall patio.

The anchorage of the wood ceilings to the new metal frame allowed to preserve the original beams, though they ones placed besides the patio needed, as they were more exposed to rainwater. The *alfarjías* in bad shape were replaced (Figure 6a) and *ladrillos por tabla* were installed in different colors. Upon these, ceramic thin bricks were laid up to the upper level of the hidden metal profiles (Figure 6b) and a concrete layer and flooring on top. After a thorough cleaning, the wood works recovered their original polychromy (Figure 6c).



Figure 6. Ceilings beside the entry hall patio: a) wood beams repair (1970); b) metal beams on the old ceiling and bricklaying (1970) [24]; c) restored ceiling. Authors' photography (2021).

Restoration projects in 1972

The 1972 projects preserved at the *Archivo General de la Administración* (Sig. caja: 70.648 y 70.711) described the palace as headquarters of the royal academies *Real Academia de Buenas Letras* on the ground floor and the *Real Academia de Bellas Artes* at the top. Both projects would allow to raise the budget required to complete the structural reinforcement of metal structures in bad shape across the building, following with structural repairs already started.

Among these repairs, it must be highlighted the reinforcement of the wooden frame in the courtyard upper gallery. The general guideline followed was to substitute the wood beams in poor conditions, reinforcing some of them with metal elements, in order to preserve the larger number of original pieces. A new flooring was also planned for the consolidated areas, using fine, first quality bricks with similar characteristics to those originally used. Steps of the main stair were restored with mahogany wood and ceramic pieces brought from another Sevillian palace which had been demolished in those years. Besides, the walls were strengthened, filling up the hollows opened at the end of the nineteenth century when the building was transformed in the guest house *Pensión Don Marcos*.

The projects for the headquarters of the Real Academia de Medicina, 1972-1975

On November 30th, 1971, an important meeting was held among members of the *Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras, Bellas Artes and Medicina* with Florentino Pérez Embid, according to the local press (*ABC Sevilla*, December 1st, 1971). In this meeting the plans by Rafael Manzano were discussed for a new construction project in the palace adjoining lot, acquired to host the new headquarters of the *Real Academia de Medicina de Sevilla* (Figure 7a).

The *Archivo General de la Administración* preserves the files of the planned works aimed to build this project between 1972 and 1975 (Sig. caja 70.987; 70.711; 70.738; 70.765). In June 1975, the new courtyard gallery was built to connect both edifices (Figure 7b). The works of new construction, which lasted until 1976, were solved by introducing load-bearing walls and an architectural language consistent with the style of the old palace (Figure 7c).

The restoration project in 1973

The project of 1973 preserved at the *Archivo General de la Administración* (Sig. caja: 70.765), described the demolition of the precarious constructions in the service yard besides the main staircase. The aim was to build a new house for the family of the concierge who was the building caretaker. After reinforcing the dividing walls, the new house was built with load-bearing walls and an access gallery through the landing of the main staircase.

Additionally, the new plaster ceilings of the registry office at *Real Academia de Buenas Letras* were executed at the time. As there were not preserved any remains of the old ceilings, the new design was inspired by a small Renaissance ceiling of the palace, located in a corridor towards the courtyard, composed by alternate octagons and rhombuses and clearly inspired by Serlio's sheet LXXV verso from Book IV [5] (Figure 8).

Rafael Manzano described in his 1969 project that the upper galleries at the main patio were unfinished in the original construction. Therefore, in 1973 it was decided to complete them with a new decoration (Figure 9).

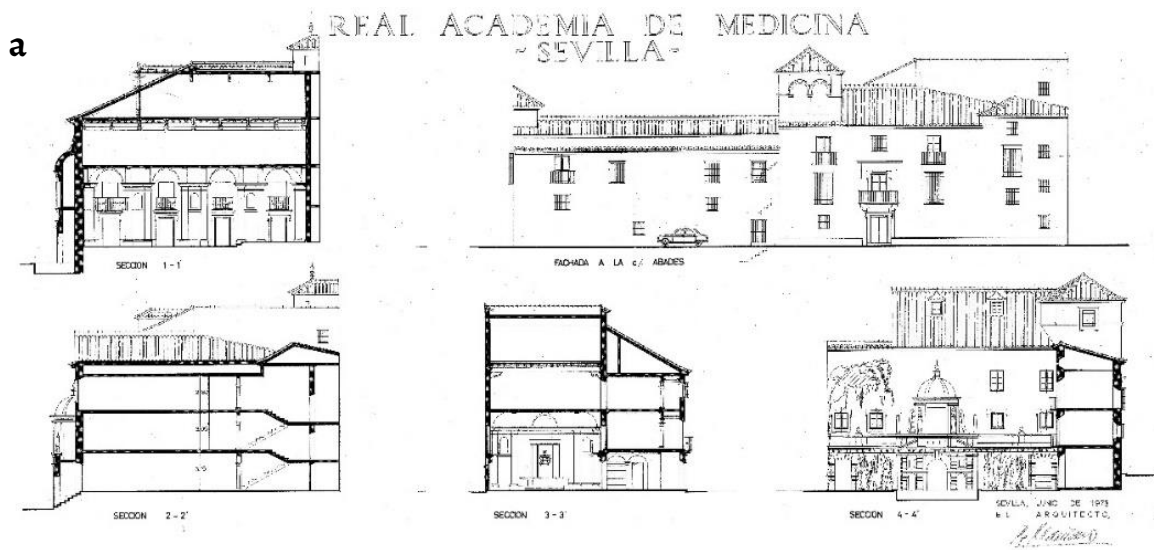


Figure 7. The new headquarters of the *Real Academia de Medicina* at the adjacent plot [24]: a) elevations and sections, drawing by R. Manzano (1972); b) building of the new gallery at the courtyard (August 1975); c) assembly hall at the *Real Academia de Medicina* (1976).



Figure 8. a) Renaissance vault in the corridor towards the courtyard, authors' photography (2021). b) Execution of the vault of the registry at the *Real Academia de Buenas Letras* (1975) [24].

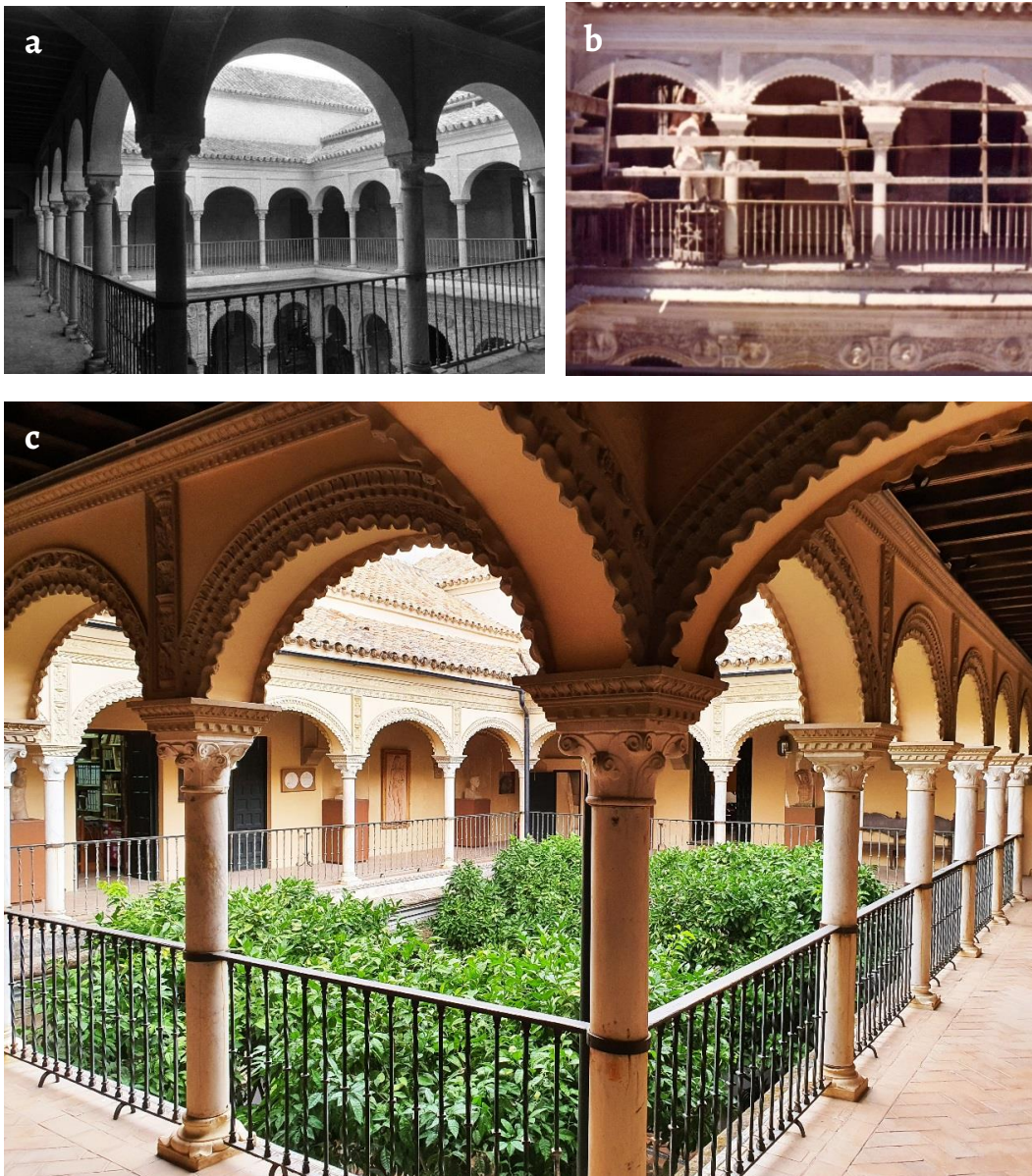


Figure 9. High gallery at the main patio: *a)* prior state, without decoration (1970) [24]; *b)* decoration process (1973) [24]; *c)* current situation. Authors' photography (2021).

Restoration projects in 1975 and 1976

The works corresponding to the projects drafted in 1975 and 1976 (both in sig. caja: 70.793) addressed the restoration of coffered ceilings and wood works.

The gallery of the main patio had beams in need of repair, so it was necessary to dismantle the metal framing with the object of replacing the damaged pieces, reinforcing some of them with metal elements which are still visible today (Figure 10).

It also took place the restoration of the coffered ceiling at the ground floor main hall, nowadays the assembly hall -Salón de Actos de Buenas Letras- composed by large beams shaping a grid and panels with motifs of bows and medallions. In words of Rafael Manzano: "...the panelled ceilings of this hall had disappeared completely [...] only the main girders remained. The interlaced coffering background of Mudéjar inspiration visible today was part of my work..." [1] (Figure 11).

The project also included a decorated plaster vault decorated with Mannerist bas-relief motifs for the main hall in the upper floor, today the conference room -Sala de Juntas- of the *Real Academia de Bellas Artes*. Some photographs of the previous state of the vault with original decoration and other of the restoration process have been researched (Figure 12).

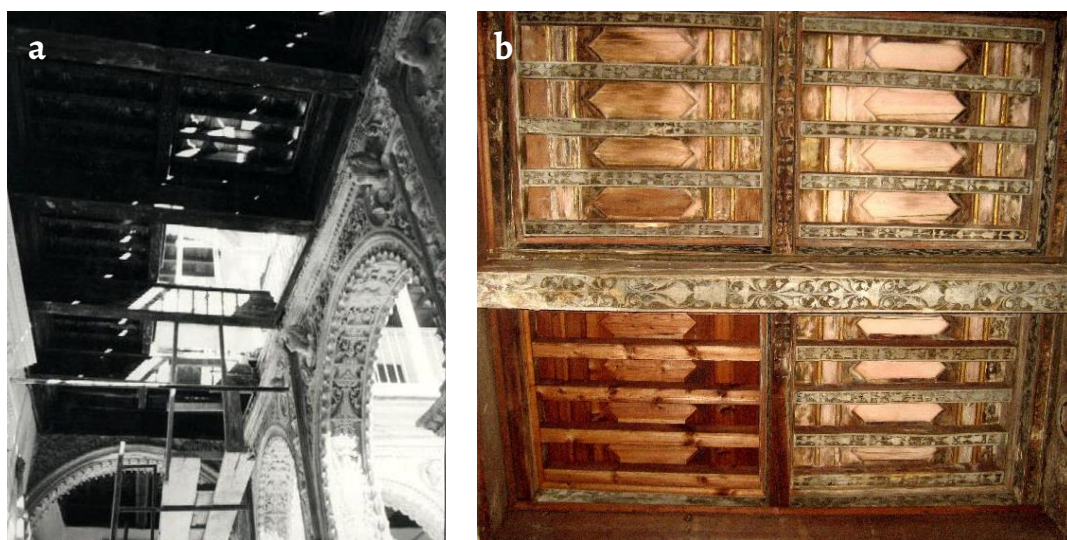


Figure 10. Ceiling of the main patio gallery: *a*) restoration process (1975) [24]; *b*) current situation. Authors' photography (2021).

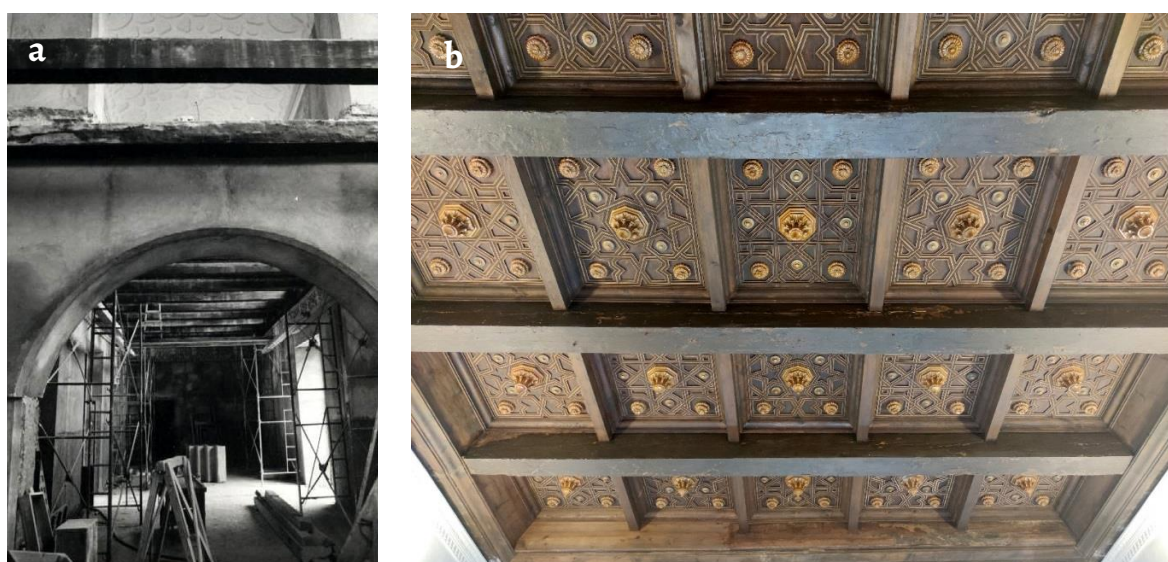


Figure 11. Ceiling of the main hall at the ground floor: *a*) original beams preserved (1975) [24]; *b*) detail of the restored ceiling. Authors' photography (2021).



Figure 12. Plaster vault ceiling at the top floor main hall: *a*) Prior state (1975) [24]; *b*) Restored ceiling at the top floor hall. Authors' photography (2021).

The restoration project in 1978

The last project dating from November 1978 and preserved at the Archivo General de la Administración (Sig. caja: 95.682) completed the restoration of coffered ceilings, wood works, and flooring in the palace.

The completion of the main staircase was planned with coffered ceiling drawn in a sectional view suspended from the new metal structure in the roof (Figure 13a). In his opening lecture of the academic year 1996/97 at the *Real Academia de Buenas Letras de Sevilla*, Rafael Manzano detailed: “The stairwell is the original, but its frame was completely lost. The one we see today was part of my project and it was rebuilt from some fragments recovered from an antique shop...” [1] (Figure 13b). According to the architect, after 1978 some fragments of a regular octagon frame appeared and it was then reconstructed, though this design was different to the originally planned. In his private archive recordings, there is a reference about the purchase of a coffered ceilings lot for an individual client at the antiquarian Manuel Martín Franco which facilitated the acquisition of the forementioned fragments (ref. 1425. Project “Casa de payés en Mas Olivet”).

Furthermore, the initial project of 1969 expounded that the chapel “quite decayed as the whole building, has a remarkable vestry cabinet with Renaissance carved doors, and the covering coffered ceiling is still preserved”. The restoration of its ceramic plinth was accomplished by fixing the original tiles and replacing the missing pieces. The original coffered ceiling original was cleaned (Figure 14a) and the vestry was extended by opening a space towards the adjacent room or antechapel. This antechapel was crowned with a magnificent coffered ceiling (Figure 14b) which was transferred from other room of similar dimensions, and where the piece was no longer befitting of the new aimed purpose, a museum, as Rafael Manzano himself confirmed.

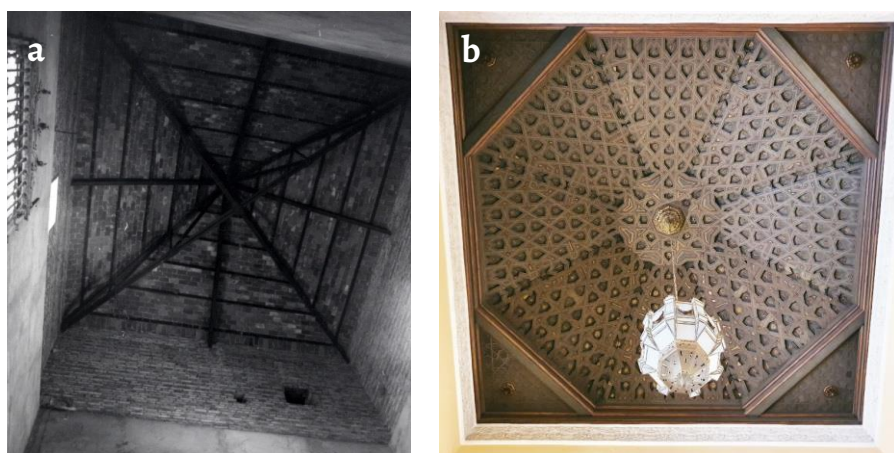


Figure 13. Ceiling of the main staircase: a) view of the previous metal structure (1972) (R. Queiro private archive); b) coffered ceiling of the main staircase. Authors' photography (2021).



Figure 14. Ceilings: a) chapel's original coffered ceiling; b) coffered ceiling transferred to the antechapel. Authors' photographs (2021).



Figure 15. Courtyard: a) new plantings (1979) [24]; b) current state. Authors' photography (2022).

When the works finished, the gardening was completed and some party walls were covered. The old courtyard had crossing paths and had a font supplied by a waterwheel [6]. After having suffered many alterations, Rafael Manzano recovered the space with a pavement of terracotta tiles. Two large parterres were adorned with orange and lemon trees enveloped by green myrtle, and the perimeter flower beds were filled of jasmine and bougainvillea shrubs (Figure 15). At the south front a simple façade was placed following the central axis of the courtyard, in the access to the assembly hall of the *Real Academia de Buenas Letras*.

Conclusions

The professional practice of restoration of historical heritage requires of a deep architectural knowledge, as most of the buildings and monuments have suffered all kinds of transformations, sometimes extraordinary, due to external factors, wars, new uses, etc. In fact, it could be considered that the history of architecture is, ultimately, the history of the restored architecture [17].

Thus, to understand the transformations of the Pinelo palace, numerous historical documents were analyzed and new graphic, updated sources had to be elaborated. This research examines for the first time the restoration works that Rafael Manzano undertook in the edifice between 1969 and 1981. The site was declared National Historic-Artistic Site in 1954 and, once the property of the Seville City Council, it was first intended to host the city historical museum. Finally, it was decided its use as the new seat of the royal organizations *Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras* and *Bellas Artes*, and a new building was erected in the adjacent plot to host the *Real Academia de Medicina*.

After the initial consolidation process conducted by the architect Jesús Gómez-Millán between 1967 and 1971 [3], Rafael Manzano drafted between 1969 and 1978 seven different projects which allow to appreciate the scope of the works and the followed criteria:

The belvedere was restored recovering the original entrance through the entry hall patio and revealing columns, arcades, and parapets which have been blinded to gain the rooms for the guesthouse *Pensión Don Marcos*. The wood frame of the roof was rebuilt from the preserved remains. The private payer room under the belvedere was reconstructed, connecting it with the adjacent antechapel, as required by the Academies, and its top was covered with a coffered ceiling transferred from other room of the palace.

The ceilings which have lost their decoration motifs were restored with concrete, and the coffered ceilings lacking support were suspended from new hidden metal structures. A new gallery in the courtyard connected the palace with the new building hosting the *Real Academia*

de Medicina. Party walls were reinforced at the service yard besides the main staircase, and the space was rearranged to build a new home for the concierge.

For the ceiling of the *Real Academia de Buenas Letras*, were just the plasterwork frieze and main beams were preserved, new motifs of Mudéjar inspiration were designed. In the assembly of the *Academia de Bellas Artes*, on the upper floor, the plaster vault dating from the seventeenth century was restored by copying the remains of the original decoration. The new plaster ceiling for the Registry office of the *Real Academia de Buenas Letras*, which did not retain any of the original decoration, took an octogonal pattern from a small vault located at the palace, which in turn was inspired by an image of Book IV by Serlio.

The stairwell had lost its frame and it was rebuilt from fragments recovered from an antiquarian shop. The palace also received materials from edifices which had been demolished, such as the tiles for the main staircase riser covers, or the gate to access the building, adapted from a walnut door brought from Granada. Additionally, the arcades in the upper floor at the main patio were embellished with plaster decoration for the first time, under the guidelines of the Directorate-General of Fine Arts with the certainty that the patio complex was transformed into more beautiful and coherent. Finally, the courtyard was recovered, providing a careful decluttering of elements which need no restoration. On February 16th, 1981, the final certificate was signed, and the palace is still today the seat of the city Royal Academies.

In this way, Rafael Manzano completed varied and versatile restoration works following criteria based on a deep knowledge of the history of architecture and its traditional techniques, revealing a great admiration for the historical heritage but without confusing the past and the new constructions. To accomplish these projects, the architect had to manage limited resources in successive annual budgets. Manzano will follow the teachings of great masters such as the architect Leopoldo Torres Balbás, who wisely restored the Alhambra in Granada at the beginning of the twentieth century [25]. He was also deeply influenced by an exhibition curated by Fernando Chueca Goitia, entitled *Veinte años de restauración del tesoro artístico y monumental*, on the works promoted in Spain in the period 1938-1958 by the *Comisaría de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional* [26]. This exhibition described the flexibility of the restoration criteria followed at a national scale during the aftermath of the Spanish Civil War.

The passionate activity of Rafael Manzano in the field of architectural restoration is still relatively unknown in the research sphere, except for some of his works in the Alcázar of Seville [27] or the convent of Montesión [28]. Just between 1963 and 1982 the architect developed different projects in 121 sites in Andalusia, with a total of 307 work files [21] plus other subsequent restorations which may be an area of further research.

Finally, it is important to highlight that in 2010 Rafael Manzano was awarded the Richard H. Driehaus Prize, one of the most important recognitions worldwide, due to his excellence in applying the classical ideals to the local, vernacular architecture, and his mastery in combining a myriad of cultural influences in a whole, solid work preserving its identity, his respect for the past and his legacy for future generations.

Acknowledgements

Many thanks to Rafael Manzano Martos, Reales Academias Sevillanas de Buenas Letras y Bellas Artes de Santa Isabel de Hungría, and the research group HUM976, Expregráfica. Lugar, Arquitectura y Dibujo (Universidad de Sevilla).

REFERENCES

1. Manzano-Martos, R., 'La Casa de los Pinelo y los palacios sevillanos del siglo XVI: discurso de apertura del curso académico 1996/97', *Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras. Minervae Baeticae* **25** (1997) 7-20, <http://hdl.handle.net/11441/14695> (accessed 2022-12-19).
2. Manzano-Martos, R., 'Mudéjar, gótico y renacimiento en la Casa de los Pinelo', *Boletín de Bellas Artes [Seville]* **47** (2019) 19-24.
3. Barrero-Ortega, P., *La Casa de los Pinelo. Las transformaciones de un palacio renacentista en el siglo XX*, PhD dissertation, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad de Sevilla, Sevilla (2017), <http://hdl.handle.net/11441/63987> (accessed 2022-12-19).
4. Barrero-Ortega, P., 'Las transformaciones arquitectónicas de la Casa de los Pinelo en Sevilla entre 1885 y 1981', *Temas de Estética y Arte* **31** (2017) 153-172.

5. Barrero-Ortega, P.; Gámiz-Gordo, A., 'The Casa de los Pinelo in Seville according to a text from 1542', in *Graphical Heritage*, eds. L. Agustín-Hernández, A. Vallespín Muniesa & A. Fernández-Morales, vol.1 Springer, Cham (2020) 163-165, https://doi.org/10.1007/978-3-030-47979-4_15.
6. Barrero-Ortega, P.; Gámiz-Gordo, A., 'La Pensión Don Marcos en el palacio de los Pinelo (Sevilla, 1885-1964)', *Quiroga. Revista de patrimonio iberoamericano* **18** (2020) 24-37, <https://doi.org/10.30827/quiroga.voi18.0002>.
7. Barrero-Ortega, P.; Gámiz-Gordo, A., 'Las techumbres del palacio renacentista de los Pinelo en Sevilla: Conservación y restauración en el siglo XX', *Ge-Conservacion* **18** (2020) 136-147, <https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.843>.
8. Reinoso-Gordo, J. F.; Gámiz-Gordo, A.; Barrero-Ortega P., 'Digital Graphic Documentation and Architectural Heritage: Deformations in a 16th-Century Ceiling of the Pinelo Palace in Seville (Spain)', *ISPRS International Journal of Geo-Information* **10**(2) (2021) 85, <https://doi.org/10.3390/ijgi10020085>.
9. Falcón-Márquez, T., *La Casa de Jerónimo Pinelo sede de las R.R.A.A sevilanas de Buenas Letras y de Bellas Artes*, Fundación Aparejadores y Fundación Cruzcampo, Sevilla (2006).
10. Ybarra-Hidalgo, E., 'Notas históricas y genealógicas de la familia Pinelo. Discurso inaugural del curso 2000-2001', *Minervae Baeticae* **29** (2001) 9-22, http://institucional.us.es/revistas/rasbl/29/art_1.pdf (accessed 2022-12-19).
11. Ybarra-Hidalgo, E., 'La Casa de los Pinelo y la desamortización', *Minervae Baeticae* **29** (2001) 135-141, http://institucional.us.es/revistas/rasbl/29/art_9.pdf (accessed 2022-12-19).
12. Ybarra-Hidalgo, E., 'Más noticias inéditas de la familia Pinelo', *Minervae Baeticae* **30** (2002) 193-208, http://institucional.us.es/revistas/rasbl/30/art_8.pdf (accessed 2022-12-19).
13. Almagro-Gorbea, A.; Manzano-Martos, R., *Palacios medievales hispanos. Discurso del Académico Electo de A. Almagro y contestación de R. Manzano*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid (2008) <http://hdl.handle.net/10261/19801> (accessed 2022-12-19).
14. Villar-Movellán, A., *Arquitectura del Regionalismo en Sevilla. 1900-1975*, Excma. Diputación de Sevilla, Sevilla (1979).
15. Gómez-Millán, Jesús, Fondo Privado Gómez-Millán, Archivo histórico de la fundación FIDAS/COAS, Sevilla (1964).
16. Manzano-Pérez-de-Guzmán, J.; Barrero-Ortega, P.; Gámiz-Gordo, A., 'Sobre Arqueología y Arquitectura en Medina Azahara. Entrevista a Rafael Manzano Martos', *Arqueología de la Arquitectura* **14** (2017) e064, <http://dx.doi.org/10.3989/arq.arqt.2017.021>.
17. Navascués-Palacio, P., 'La restauración de monumentos en España. Aproximación bibliográfica (1954-1994)', in *Historiografía del arte español en los siglos XIX y XX, VII Jornadas de Arte*, Departamento Historia del Arte "Diego Velázquez", Centro de Estudios Históricos C.S.I.C., Madrid (1995) 77-88, <https://oa.upm.es/10632/1/restauraciondemonumentos.pdf> (accessed 2022-12-19).
18. Gámiz-Gordo, A., 'Sobre la docencia gráfica de la arquitectura. Entrevista a Rafael Manzano Martos, premio Driehaus 2010', *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica* **18** (2011) 80-89, <https://doi.org/10.4995/ega.2011.984>.
19. Gámiz-Gordo, A., 'Sobre Dibujo e Historia de la Arquitectura. Entrevista con Rafael Manzano Martos', *Boletín Académico, Revista de Investigación y Arquitectura Contemporánea* **3** (2013) 65-72, <https://doi.org/10.17979/bac.2013.3.0.998>.
20. 'Entrega del I premio de "Arquitectura Clásica y Restauración de monumentos Rafael Manzano Martos"', in *Casa de Su Majestad el Rey*, <https://n9.cl/uyth7> (accessed 2022-12-21).
21. [Ministry of Culture of Spain], *Fuentes documentales para el estudio de la Restauración de monumentos en España*, Ministerio de Cultura, Madrid (1989).
22. Manzano-Martos, R., 'Recuerdos de Francisco Morales Padrón', *Boletín Real Academia de Buenas Letras* **39** (2011) 197-202, http://institucional.us.es/revistas/rasbl/39/art_16.pdf (accessed 2022-12-19).
23. Collantes de Téran Delorme, F.; Gómez Estern, L., *Arquitectura Civil Sevillana*, Ayuntamiento, Sevilla (1976).
24. *Álbum Pinelo*, R. Manzano private archive (s.d.).
25. AA.VV., *Leopoldo Torres Balbás y la restauración científica*, Patronato de la Alhambra y Generalife, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Sevilla (2013).
26. *Veinte años de restauración monumental de España* [exhibition curated by Fernando Chueca Goitia], Catalogue, Ministerio de Educación Nacional, Dirección General de Bellas Artes, Madrid (1958).
27. Manzano-Pérez-de-Guzmán, J.; Barrero-Ortega, P.; Manzano-Martos, R., 'Architectural Interventions by Rafael Manzano at the Real Alcázar of Seville. 1966-1988', in *Architectural Draughtsmanship. From Analog to Digital Narratives*, Springer, Cham (2018) 1499-1514, https://doi.org/10.1007/978-3-319-58856-8_117.
28. Barrero-Ortega, P., 'La restauración de la iglesia de Montesión en Sevilla (2002-2008)', *Ge-Conservacion* **21**(1) (2022) 44-54, <https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1010>.

RECEIVED: 2022.7.15

REVISED: 2022.10.28

ACCEPTED: 2022.11.10




ONLINE: 2023.5.29



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>

As cores na azulejaria portuguesa: uma revisão

The colours of Portuguese *azulejos*: a review

EMA FIGUEIREDO¹
LURDES ESTEVES²
ALEXANDRE N. PAIS² 
MÁRCIA VILARIGUES^{1,3} 
SUSANA COENTRO^{3*} 

1. Departamento de Conservação e Restauro, NOVA School of Science and Technology, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

2. Museu Nacional do Azulejo, Rua Madre de Deus, 4, 1900-312 Lisboa

3. VICARTE – Unidade I&D “Vidro e Cerâmica para as Artes”, NOVA School of Science and Technology, Campus de Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

*scoentro@fct.unl.pt

Resumo

O presente artigo reúne a informação disponível à data relativamente aos pigmentos utilizados em azulejos portugueses entre o século XVI e o início do século XIX. A grande maioria das publicações centra-se em azulejos do século XVII, seguindo-se o século XVI, e existindo muito pouca informação acerca dos séculos XVIII e XIX. Independentemente da cronologia, a paleta da azulejaria portuguesa usa os óxidos de cobalto, cobre, manganês e ferro para a obtenção das cores azul, verde, púrpura e castanho, respetivamente, e o pigmento amarelo de Nápoles para o amarelo, podendo este ser misturado com cobalto para a obtenção de verde ou com ferro para uma cor mais alaranjada. O azul e amarelo são as cores mais estudadas, sendo que o conhecimento atual acerca das mesmas permite relacionar variações na composição química dos seus pigmentos com períodos cronológicos específicos.

Abstract

This paper summarises the available information to date on the pigments used on Portuguese *azulejos* between the late 16th century and the beginning of the 19th century. Most references cited focus on 17th-century tiles, followed by the 16th century, whereas there is very little information on the 18th and 19th centuries. Regardless of chronology, the Portuguese *azulejo palette* uses cobalt, copper, manganese, and iron oxides to obtain blue, green, purple, and dark brown, respectively. Yellow is obtained through the Naples yellow pigment, which could be mixed with cobalt for obtaining green, or with iron oxide for the orange colour. Blue and yellow are the most studied colours and the currently available knowledge allows us to relate changes in their chemical composition to specific time periods.

PALAVRAS-CHAVE

Azulejo
 Majólica
 Amarelo de Nápoles
 Cobalto
 Manganês
 Caracterização analítica

KEYWORDS

Glazed tile
 Maiolica
 Naples Yellow
 Cobalt
 Manganese
 Analytical characterisation

Introdução

O património azulejar tem vindo gradualmente a ser reconhecido como um dos maiores tesouros do nosso país, tanto pelos portugueses como pelos visitantes internacionais. Paralelamente, assiste-se a um crescente interesse no seu estudo e conservação, manifestado no aumento do número de estudos académicos, publicações e conferências sobre o tema. Nos últimos anos, estes têm vindo a incluir a caracterização material dos azulejos, possibilitada pelo avanço tecnológico que permite hoje em dia obter informação valiosa através de uma variedade de técnicas analíticas.

A técnica de produção do azulejo histórico português era equivalente à da faiança ou majólica, em que o corpo cerâmico é revestido com um vidrado branco rico em chumbo (Pb) e opacificado com dióxido de estanho (SnO₂), decorado com óxidos metálicos como pigmentos - cobalto para o azul, cobre para o verde, manganês para o púrpura/castanho-escuro, e ferro para as tonalidades laranja e castanho. Ao contrário do azul, verde e púrpura, que só revelam a cor final quando os óxidos de cobalto, cobre e manganês, respetivamente, estão dissolvidos na rede vítrea, o amarelo é obtido com um pigmento sintético (antimoniato de chumbo), conhecido como amarelo de Nápoles [1-3].

A paleta cromática acompanhou a evolução do gosto nacional ao longo dos séculos, tornando-se característica dos diferentes momentos da história da azulejaria portuguesa. As primeiras produções do século XVI caracterizam-se por uma paleta de cores riquíssima, influenciada pela majólica italiana, que permaneceu presente nos painéis figurativos e nas padronagens do século XVII [1, 4]. Por volta da década de 1670-1680, esta paleta sofreu uma redução progressiva que culminou no primeiro quartel do século XVIII naquela que é considerada a “época áurea” da azulejaria portuguesa - o “Ciclo dos Mestres”, caracterizada por produções de elevada qualidade decoradas exclusivamente a azul de cobalto sobre fundo branco. Este período foi pautado pela qualidade pictórica dos painéis produzidos na época, muitos deles assinados pelos mestres artistas como as verdadeiras obras de arte que são. A partir do segundo quartel do século XVIII, a policromia voltou a fazer parte do azulejo nacional, inicialmente em pequenos detalhes e emolduramentos e, mais tarde, em toda a composição [1, 4].

O valor estético do azulejo assenta essencialmente no vidrado, nas suas cores, texturas e brilho. Mas a cor não está apenas associada a uma intencionalidade do gosto - está também ligada à tecnologia da época e às matérias-primas disponíveis. Um olhar mais atento permite distinguir tonalidades e texturas nas diferentes cores usadas pelos pintores de azulejo: é possível observar diferentes tons de azul, de verde, de amarelo, assim como áreas de pigmento mais brilhantes ou mais baças. Assim, o conhecimento das cores e respetivos pigmentos utilizados nas oficinas portuguesas é de grande importância para questões de atribuição, datação e por vezes, na própria conservação.

Neste contexto, o presente artigo pretende agregar e discutir a informação disponível à data relativamente aos pigmentos, incluindo respetivas variações e misturas de cores, utilizados em azulejos portugueses desde as primeiras produções em majólica até ao início do século XIX. Ainda que não façam parte desta revisão, é importante referir que os pigmentos aqui identificados seriam igualmente utilizados na decoração de outros objectos de faiança portuguesa coeva, sendo estes e os azulejos frequentemente produzidos e decorados nas mesmas olarias [5].

O estudo da cor no azulejo português

O conhecimento acerca da cor na azulejaria portuguesa tem evoluído substancialmente na última década devido aos estudos de caracterização material que têm sido publicados.

De acordo com a literatura que inclui a caracterização das cores em azulejos portugueses, as técnicas analíticas mais utilizadas para caracterização química elementar são a Fluorescência de Raios X, seja no modo macro (MA-XRF), micro dispersiva de energias (μ -EDXRF), ou por dispersão de comprimento de onda – WDXRF), a Emissão de Raios X Induzidos por Partículas (PIXE), e a Microscopia Electrónica de Varrimento com Microanálise de Raios X (SEM-EDS). Ao nível da caracterização molecular, destaca-se a micro-espectroscopia de Raman (μ -Raman) e, para a caracterização mineralógica ou estrutural, a Difracção de Raios X (XRD).

As cores identificadas na literatura foram o azul, amarelo, laranja, verde, púrpura/castanho, um castanho muito escuro em contornos e o cinzento (este último apenas no século XIX). A *Figura 1* ilustra as principais cores identificadas.



Figura 1. Detalhes de painéis de azulejo portugueses pertencentes ao Museu Nacional do Azulejo ilustrando as principais cores utilizadas entre os séculos XVI e XVIII: *a)* padronagem do século XVII pintada a azul e amarelo; *b)* padronagem do século XVII pintada a azul, amarelo e laranja; *c)* detalhe da assinatura de Gabriel del Barco num painel a azul e branco datado de 1697; *d)* figura desenhada e pintada com óxido de manganês (século XVIII); *e)* detalhe de folhagem pintada a verde de cobre com contornos de manganês e ferro (século XVII); *f)* detalhe de folhagem pintada com verde obtido com mistura de azul e amarelo (século XVIII).

A paleta cromática da azulejaria portuguesa

Azul

O azul (Figura 1a-c) foi a única cor usada ininterruptamente durante toda a história da azulejaria portuguesa, tanto em paletas ricas como isoladamente sobre fundo branco. É, portanto, uma das cores mais estudadas na literatura, cujos principais resultados podem ser consultados na Tabela 1.

A cor azul na azulejaria, à semelhança do vidro, vitral, porcelana e faiança, é obtida através do óxido de cobalto (CoO) dissolvido na rede vítrea. A principal fonte de cobalto na Europa a partir do século XVI era a zona mineira de Erzgebirge, na Saxónia (atualmente na fronteira entre a Alemanha e a República Checa), de onde compostos como a skutterudite (CoAs₃), safflorite (CoAs₂), ou a cobaltite (CoAsS) eram extraídos de minérios ricos em ferro (Fe), arsénio (As), níquel (Ni) e bismuto (Bi) - elementos frequentemente identificados na cor azul dos azulejos [6].

Num estudo que incluiu azulejos portugueses de várias cronologias e proveniências [7], os autores concluíram que o azul de cobalto na azulejaria portuguesa é maioritariamente caracterizado pela associação elementar Fe-Co-Ni-As. Este resultado é corroborado pela restante literatura, embora esta se trate de publicações apenas focadas no século XVII [2, 8-14].

Ainda que dentro da mesma associação elementar, diferenças na proporção dos elementos podem influenciar a cor final, como se observa numa tonalidade azul acinzentada caracterizada por um teor de níquel mais elevado. Além da diferença de tonalidade, este pigmento azul pode ainda apresentar uma camada mais espessa e menos brilhante do que o azul de cobalto mais frequentemente encontrado nos azulejos portugueses [2, 7, 14]. Fares et al. [7] sugerem que, tendo em consideração a tonalidade acinzentada, este azul seria provavelmente uma variante menos dispendiosa das que eram comercializadas a partir da Saxónia, tendo tido utilização em Portugal em épocas coincidentes com períodos de maior dificuldade financeira, como nas décadas após a Restauração de 1640 e mais tarde por volta de 1800, perto das invasões napoleónicas e da retirada da família real para o Brasil. Em Coimbra – um pólo produtivo mais desfavorecido do que Lisboa – a utilização deste pigmento de cobalto rico em níquel terá sido mais extensa do que na capital.

O azul de Coimbra é, ocasionalmente, associado a uma tonalidade mais arroxeada que se deve à presença de manganês na sua composição. Não é claro se este elemento surge naturalmente das matérias-primas usadas para a obtenção do cobalto ou se se trata de uma adição intencional, embora a identificação de bário em azuis de Coimbra sugira a segunda opção [10, 12].

A partir da viragem do século XVIII para o XIX, outro azul de cobalto, caracterizado pela ausência de arsénio na composição, parece ter sido usado nos azulejos portugueses. Este azul foi identificado num azulejo datado de 1780-1810 [7], e nos azulejos do Palácio Nacional da Pena [15]. No entanto, o mesmo cobalto sem arsénio foi também identificado em vários exemplares de cerâmica valenciana datados entre os séculos XV e XX, não estando, portanto, associado a nenhuma cronologia em particular [16].

Ocasionalmente, em áreas onde o pigmento está mais concentrado, é possível identificar o cobalto sob a forma de olivina (α -Co₂SiO₄) por μ -Raman [2, 8, 13, 15], ou sob a forma dos óxidos CoO e Co₃O₄ [9].

Apesar da identificação de várias qualidades de pigmento azul de cobalto, não há registo de diferentes azuis utilizados num mesmo azulejo – as tonalidades e gradações eram, assim, conseguidas através de diferentes concentrações do mesmo pigmento, correspondendo a maior concentração a uma cor mais escura [7, 15].

Tabela 1. Composição química do azul identificada na literatura consultada.

Composição química identificada	Século	Técnicas analíticas	Referências
Co	XVII	AAS; XRF	[9]
Fe-Co-Ni-As-Bi	XVII	μ -EDXRF	[8]
Fe-Co-Ni-As	XVII-XIX	μ -EDXRF, WD-XRF, MA-XRF, XRF	[2, 7, 10-13]
Fe-Co-Ni	XVIII - XIX	μ -EDXRF; WD-XRF; PIXE	[7, 15]
Óxidos de cobalto (CoO e Co ₃ O ₄)	XVII	XRD	[9]
Olivina de cobalto (Co ₂ SiO ₄)	XVII - XIX	μ -Raman	[2, 8, 15]
Olivina de cobalto (CoSiO ₄)	XVII	μ -Raman	[13]
Olivina de níquel (Ni ₂ SiO ₄)	XVII	μ -Raman	[14]

Amarelo

O amarelo na azulejaria portuguesa (Figura 1a, b, e, f) é obtido com o pigmento conhecido como Amarelo de Nápoles, quimicamente um óxido de antimónio e chumbo com a fórmula Pb₂Sb₂O₇. São conhecidas variantes deste pigmento nas quais se adiciona estanho ou zinco, geralmente resultando numa tonalidade mais clara ou mais alaranjada, respetivamente [17].

As áreas pintadas a amarelo, quando observadas de perto, distinguem-se frequentemente pela sua aparência mate e sobreposta às outras cores. De facto, o pigmento amarelo não se dissolve no vidro do azulejo, formando uma camada à superfície do mesmo – este facto torna-o mais facilmente identificável em estudos analíticos, nomeadamente por μ -Raman [2, 13-15, 18] ou XRD [9]. A Tabela 2 apresenta as diferentes variantes do amarelo de Nápoles identificadas na literatura.

Nas primeiras produções portuguesas do século XVI, usaram-se dois tipos de amarelo de Nápoles. A variante Pb-Sb-Sn foi identificada em Lisboa na Igreja da Graça [19], num azulejo decorado com arabescos recuperado numa escavação na envolvente do Convento do Carmo [20], e no Painel de Nossa Senhora da Vida (atualmente no Museu Nacional do Azulejo) [19]. Foi também identificada num painel datado de 1592 em Alcácer do Sal [21] e ainda num conjunto de azulejos de fundo amarelo encontrados recentemente na Igreja de Nossa Senhora da Graça, em Setúbal [22]. Destaca-se ainda um azulejo de proveniência desconhecida, possivelmente portuguesa, encontrado nas escavações arqueológicas perto do Largo do Corpo Santo, em Lisboa, onde a mesma variante de amarelo de Nápoles foi identificada [23]. Por outro lado, o pigmento amarelo de Nápoles “comum” (Pb-Sb) foi identificado nos azulejos da Capela de São Roque (assinados e datados por Francisco de Matos em 1584), na igreja com o mesmo nome, em Lisboa [19, 24].

Mimoso et al. [19] sugerem que a variante com estanho (Pb-Sb-Sn) terá chegado a Portugal por influência dos pintores de majólica oriundos da Flandres que se estabeleceram no nosso país na segunda metade do século XVI, como é o caso de João de Góis, cujo monograma foi identificado nos painéis da Igreja da Graça, em Lisboa [25]. A reforçar esta teoria, destaca-se a identificação do mesmo pigmento nos painéis flamengos do Paço Ducal de Vila Viçosa – possivelmente a primeira encomenda portuguesa de azulejos produzidos em Antuérpia [26].

Embora mais frequentemente identificado noutras produções de majólica europeia [17], o amarelo de Nápoles com estanho parece ter sido pouco usado em Portugal a partir do final do século XVI, julgando pela literatura disponível à data desta publicação. Foi, no entanto, identificado nas decorações pintadas a laranja em azulejos do século XIX do Palácio Nacional da Pena, em Sintra – mais precisamente numa camada amarelo-claro (correspondendo à tonalidade do amarelo nestes azulejos) sob outra laranja, rica em hematite [15].

A variante de amarelo de Nápoles com Zn foi identificada fora da Península Ibérica apenas num prato de majólica italiana do século XVI [17], mas parece ter sido usada de forma abrangente pelo menos nas oficinas de Lisboa e Coimbra [2, 9-11, 14], Talavera de la Reina [27] e Sevilha [28] durante os séculos XVI e XVII, com uma utilização que possivelmente se expandiu até ao século XIX [10, 29].

Tabela 2. Composição química do amarelo identificada na literatura consultada.

Composição química identificada	Século	Técnicas analíticas	Referências
Pb, Sb, Sn	XVI	SEM-EDS	[19, 21-23]
Pb, Sb	XVI	SEM-EDS	[19]
Pb, Sb, Zn	XVII (XIX?)	μ -EDXRF; AAS; XRF; μ -SRXRF; XAS; MA-XRF	[2, 9-10, 13, 29]
Pb, Sb, Fe	XVII	EDS; XRF	[11-12, 18]
Pb, Sb, Zn, Fe (Sn?)	XVII	XRF	[10]
Amarelo de Nápoles modificado com Zn	XVII	μ -Raman	[2, 13]
Amarelo de Nápoles $Pb_2Sb_2O_4(O,OH)$	XVII	XRD	[9]
Amarelo de Nápoles modificado com Fe ($Pb_2Fe_{0,5}Sb_{1,5}O_{6,5}$?)	XVII	XRD, μ -Raman	[18]

Uma comparação geográfica é referida por Guilherme [10], notando que o amarelo observado em cerâmicas de Coimbra é geralmente mais alaranjado do que o observado em azulejos provenientes de Lisboa.

Laranja

A cor laranja nos azulejos portugueses (Figura 1b) resulta da mistura do pigmento amarelo com óxido de ferro, geralmente hematite (Fe_2O_3) [2, 13-15, 18, 21]. Através do microscópio ou de uma lupa binocular, é possível observar a hematite como inclusões escuras ou avermelhadas dispersas na camada de cor [2]. Tal como o amarelo, o laranja apresenta frequentemente uma superfície mate em áreas sobrepostas às outras cores.

A composição química do amarelo e do laranja num mesmo azulejo é frequentemente idêntica (à exceção do teor de ferro), mas é possível que algumas oficinas usassem misturas com diferentes amarelos de base, julgando pela identificação de um amarelo com zinco e um laranja sem zinco num fragmento do século XVII [2].

A análise por SEM-EDS de grãos de pigmento laranja num painel do século XVI revelou a presença simultânea de Sb e Fe, sugerindo tratar-se de um pigmento previamente sintetizado, à semelhança do que é descrito por Piccolpasso [21]. Por outro lado, a análise da cor laranja em azulejos do Palácio Nacional da Pena (século XIX) revelou uma camada rica em ferro (hematite) sobre uma camada de amarelo-claro, pelo que a cor final seria, neste caso, obtida através da sobreposição de camadas de diferentes tonalidades [15].

Verde

Há dois verdes identificados na literatura: um obtido através do óxido de cobre [2, 10-11, 14] (Figura 1e) e outro obtido através da mistura do pigmento amarelo com o azul [2, 10, 14-15] (Figura 1f).

O verde de cobre aparenta tratar-se de uma cor cujo resultado final seria muito mais difícil de controlar, a julgar pelos alastramentos observados frequentemente no vidrado, assim como bolhas e crateras resultantes das suas propriedades como fundente. O cobre é um pigmento comum em vidro e cerâmica que está geralmente associado a tons azul-turquesa, mas nestes vidrados ricos em chumbo adquire uma tonalidade “verde-garrafa” ou “verde-esmeralda” [2, 14, 30].

O verde obtido através da mistura de amarelo e azul adquire uma tonalidade “verde-azeitona” ou “verde-seco” e, excetuando alguma difusão do cobalto observada de muito perto, apresenta áreas de cor bem definidas e sem alastramentos. Ainda que a quantidade necessária de cobalto para a obtenção da cor verde seja mínima, esta seria uma alternativa mais dispendiosa à utilização do cobre. Apesar disto, a possibilidade de controlo da cor no resultado final poderia ser uma das razões pelas quais alguns pintores de azulejo tenham optado por esta mistura.

Não é possível, através das publicações aqui citadas, associar um tipo de verde a uma cronologia ou proveniência em particular. Trata-se de uma cor que carece de um estudo mais aprofundado.

Cinzento

A cor cinzenta é mencionada apenas num estudo referente aos azulejos do Palácio Nacional da Pena (século XIX), tratando-se de uma mistura do pigmento amarelo-claro (variante de amarelo de Nápoles com Sn) com os pigmentos azul de cobalto e púrpura de manganês [15].

Castanho, púrpura e contornos escuros

Uma das cores mais comuns em azulejaria é o chamado “púrpura de manganês”, provavelmente a segunda cor mais usada a seguir ao azul. Trata-se da cor obtida através do óxido de manganês (MnO) que, dissolvido na rede vítrea, dá origem a tonalidades que vão desde a púrpura a castanho-escuro [30].

O manganês é frequentemente identificado associado ao ferro e, ocasionalmente, ao bário [2, 8, 10-12, 14-15, 21]. Esta associação está relacionada com as matérias-primas usadas para a obtenção de manganês, como, por exemplo, a pirolusite (MnO₂) ou o psilomelano ((Ba,H₂O)₂Mn₅O₁₀), frequentemente encontrados em depósitos com minérios ricos em ferro [2]. O manganês foi ainda identificado por μ -Raman em azulejos do século XVII sob a forma de braunite (Mn²⁺Mn³⁺₆[O₈SiO₄]) [2], que poderá ser uma matéria-prima usada como pigmento ou o silicato resultante da reação de outro composto de manganês (por exemplo, a pirolusite) com o vidro do azulejo [31].

Se, no que diz respeito ao bário, é quase certo que a sua presença estará exclusivamente relacionada com a matéria-prima, o mesmo não acontece com o ferro. Este último surge em diferentes proporções relativamente ao manganês, chegando a aparecer como o principal elemento em contornos escuros onde o contributo do manganês será praticamente insignificante para a cor final. Em azulejos do século XVII e XVIII, identificaram-se diferentes composições químicas nas manchas de cor (mais ricas em manganês e claras) e nos contornos (mais ricos em ferro e escuros) [2, 8, 14]. É possível que, nestes casos, o ferro (identificado como hematite), tenha sido adicionado intencionalmente com o propósito de controlar o alastramento do manganês, assim como para proporcionar uma cor mais escura aos contornos [8].

Em painéis datados do século XVI, foram analisados contornos escuros salientes que revelaram uma composição química rica em manganês e ferro, assim como em partículas ricas em silício e cálcio [19, 21]. Num caso específico, o contorno revelou ainda a presença de cobalto, provavelmente adicionado para tornar a cor ainda mais escura [21]. Os autores sugerem que, nestes painéis, o pigmento possa ter sido misturado com vidro moído (frita) e aplicado sob a forma de esmalte.

Conclusões

Esta revisão de literatura permitiu reunir o conhecimento atual acerca dos pigmentos utilizados na azulejaria portuguesa, assim como comparar resultados entre publicações. O azul de cobalto, apesar de frequentemente identificado sob a associação elementar Fe-Co-Ni-As, apresenta variações de tonalidade relacionadas com a proporção destes elementos, destacando-se uma tonalidade mais acinzentada na presença de teores de níquel mais elevados. O amarelo foi sempre identificado como o pigmento amarelo de Nápoles, nas primeiras produções do século XVI como a variante com adição de estanho, e no século XVII com adição de zinco. Independentemente no amarelo de base, o laranja é sempre resultado da mistura deste com óxido de ferro sob a forma de hematite. O verde é umas das cores menos estudadas, e apresenta-se em duas composições e tonalidades distintas: o verde “esmeralda”,

obtido com óxido de cobre, e o verde “azeitona”, obtido com a mistura dos pigmentos azul e cobalto e amarelo de Nápoles. As tonalidades púrpura e castanho são obtidas com manganês e hematite, respetivamente, encontrando-se estes frequentemente misturados em tonalidades intermédias.

Excetuando o amarelo, que conta com importantes resultados do século XVI, é de notar como a maioria das análises às cores diz respeito a azulejos do século XVII, deixando ainda muitas questões em aberto acerca de eventuais particularidades na composição química das cores noutras épocas.

Agradecimentos

Este estudo contou com o financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia: Projecto ChromAz (PTDC/HAR-HIS/1899/2020), Projecto White Glazes (CEECIND/00882/2017) e Unidade de I&D Vicarte (UIDP/00729/2020 e UIDB/00729/2020). Os autores agradecem também aos revisores, cujas sugestões contribuíram para melhorar este trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Brito, M. L. M. L. E. *Estudo do Fabrico e da Degradação de Azulejos Portugueses Históricos*, Dissertação de Doutoramento em História de Arte, Universidade de Évora, Évora (2016).
2. Coentro, S.; Mimoso, J. M.; Lima, A. M.; Silva, A. S.; Pais, A. N.; Muralha, V. S. F., ‘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>.
3. Tite M. S., ‘The production technology of Italian maiolica: a reassessment’, *Journal of Archaeological Science* **36**(10) (2009) 2065-2080, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.07.006>.
4. Salema de Carvalho, R., *A pintura do azulejo em Portugal [1675-1725]. Autorias e biografias - um novo paradigma*, Dissertação de Doutoramento em História, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa (2012).
5. Salema de Carvalho, R.; Mangucci, C., ‘Quem faz o quê: a produção de azulejos na Época Moderna (séculos XVI a XVIII)’, *ARTis On* **6** (2018) 8-24.
6. Mimoso, J. M., ‘Origin, early history and technology of the blue pigment in azulejos’, in *Proceedings of the International Conference ‘Glazed Ceramics in Architectural Heritage’*, eds. J. M. Mimoso e J. Delgado Rodrigues, LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (2015) 357-375.
7. Fares, M.; Mimoso, J. M.; Pais, A.; Martins, I. M.; Coentro, S. X.; Pereira, S. M.; Muralha, V. S., ‘Azulejo blues – an analytical study of the blue colours in Portuguese azulejos’, in *Proceedings of the International Congress AZULEJAR*, s.n., Aveiro (2012).
8. Almeida, S., *Caracterização material e conservação e restauro de um painel de azulejos do séc. XVII do Ecomuseu do Seixal, Portugal*, Dissertação de Mestrado em Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Caparica (2011).
9. Coroado, J.; Gomes, C., ‘Physical and chemical characterisation of ceramic wall tiles, dated to the 17th century, from the “Convento de Cristo”, in Tomar, Portugal’, in *Trabalhos de Arqueologia 42: Understanding people through their pottery: Proceedings of the 7th European Meeting on Ancient Ceramics (EMAC’03)*, eds. M. I. Prudêncio e J. C. Waerenborgh, Instituto Português de Arqueologia, Lisboa (2005) 33-39.
10. Guilherme, A., *Spectroscopic techniques for characterizing Portuguese glazed ceramics: a contribution to the study of ancient faiences of Coimbra*, Dissertação de Doutoramento em Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa (2013).
11. Guilherme, A.; Buzanich, G.; Radtke, M.; Reinholz, U.; Coroado, J.; Santos, J. M. F. dos; Carvalho, M. L., ‘Synchrotron micro-XRF with Compound Refractive Lenses (CRLs) for tracing key elements on Portuguese glazed ceramics’, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **27**(6) (2012) 966-974, <https://doi.org/10.1039/C2JA30030C>.
12. Guilherme, A.; Coroado, J.; dos Santos, J. M. F.; Lühl, L.; Wolff, T.; Kanngießner, B.; Carvalho, M. L., ‘X-ray fluorescence (conventional and 3D) and scanning electron microscopy for the investigation of Portuguese polychrome glazed ceramics: Advances in the knowledge of the manufacturing techniques’, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* **66**(5) (2011) 297-307, <https://doi.org/10.1016/j.sab.2011.02.007>.
13. Lins, S. A. B.; Manso, M.; Lins, P. A. B.; Brunetti, A.; Sodo, A.; Gigante, G. E.; Fabbri, A.; Branchini, P.; Tortora, L.; Ridolfi, S., ‘Modular MA-XRF Scanner Development in the Multi-Analytical Characterisation of a 17th Century Azulejo from Portugal’, *Sensors* **21**(5) (2021) 1913, <https://doi.org/10.3390/s21051913>.
14. Coentro, S.; Muralha, V. S. F.; Lima, A. M.; Santos Silva, A.; Pais, A. N.; Mimoso, J. M., ‘As Cores na Azulejaria Portuguesa do Século XVII’, in *Um Gosto Português O uso do azulejo no século XVII*, Instituto Português de Museus, Lisboa (2012) 375-383.
15. Coutinho, M. L.; Veiga, J. P.; Alves, L. C.; Mirão, J.; Dias, L.; Lima, A. M.; Muralha, V. S.; Macedo, M. F., ‘Characterization of the glaze and in-glaze pigments of the nineteenth-century relief tiles from the Pena National Palace, Sintra, Portugal’ *Applied Physics A* **122** (7) (2016) 696, <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0214-5>.
16. Roldán, 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**(2) (2006) 134-138, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.02.003>.

17. Rosi, F.; Manuali, V.; Grygar, T.; Bezdicka, P.; Brunetti, B. G.; Sgamellotti, A.; Burgio, L.; Seccaroni, C.; Miliani, C., 'Raman scattering features of lead pyroantimonate compounds: implication for the non-invasive identification of yellow pigments on ancient ceramics. Part II. In situ characterisation of Renaissance plates by portable micro-Raman and XRF studies', *Journal of Raman Spectroscopy* **42**(3) (2011) 407-414, <https://doi.org/10.1002/jrs.2699>.
18. Pereira, M.; Lacerda-Arôso, T. de; Gomes, M. J. M.; Mata, A.; Alves, L. C.; Colomban, P., 'Ancient Portuguese Ceramic Wall Tiles ("Azulejos"): Characterization of the Glaze and Ceramic Pigments', *Journal of Nano Research* **8** (2009) 79-88, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.8.79>.
19. Mimoso, J. M.; Pereira, S. R. M.; Pais, A. N.; Antunes, M. A.; Cardoso, A. M.; Esteves, M. L.; Candeias, A., 'A technical comparison of three renaissance azulejo panels from the workshops of Lisbon', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 1, eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 113-132.
20. Mimoso, J. M.; Pais, A. N.; Marques, A.; Esteves, M. L.; Pereira, S. R. M.; Antunes, M. A.; Cardoso, A. M.; Candeias, A., '16th century azulejos excavated in Lisbon: a tile with arabesque designs found at Terraços do Carmo', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 2, eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 35-50.
21. Mimoso, J. M.; Pais, A. N.; Ferreira, M.; Esteves, M. L.; Pereira, S. R. M.; Antunes, M. A.; Valona, R.; Cardoso, A. M.; Candeias, A., 'Instrumental study of the 16th-century azulejo panel decorating a public fountain in Alcácer do Sal – Portugal', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 2, eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 19-34.
22. Pais, A. N.; Mimoso, J. M.; Rosmaninho, P. R.; Esteves, L.; Pereira, S. R. M.; Antunes, M. A.; Cardoso, A. M.; Mirão, J., 'Study of a finding of 16th century azulejo panels at the Cathedral of Setúbal in Portugal', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 2., eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 1-18.
23. Pais, A.; Sequeira, M. J.; Monge, M. J.; Esteves, M. L.; Castanheira, I.; Valongo, A.; Manso, C.; Filipe, V.; Cardoso, A. M.; Mimoso, J. M., '16th century azulejos - what lies beneath the ground of Lisbon?', in *Proceedings of GlazeArt 2018 - International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage*, eds. S. Pereira, M. Menezes e J. D. Rodrigues, LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (2018) 298-312.
24. Mimoso, J. M.; Pais, A. N.; Morna, T.; Simões, J. M.; Esteves, M. L.; Cardoso, A. M.; Pereira, S. R. M.; Candeias, A., 'A research on the azulejo panels of the São Roque chapel in Lisbon', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 1, eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 93-112.
25. Pais, A. N.; Mimoso, J. M.; Esteves, M. L.; Silva, M. Â.; Cardoso, A. M.; Antunes, M. A.; Pereira, S. R. M.; Candeias, A., 'Study of the azulejo panels in Graça church signed by João de Góis', in *Studies in Heritage Glazed Ceramics*, Nº 1, eds. J. M. Mimoso, A. N. Pais, J. Delgado Rodrigues e S. R. M. Pereira, LNEC, Lisboa (2019) 47-66.
26. Mimoso, J. M.; Santos Silva, A.; Martins, I. M.; Costa, D.; Pereira, S. R. M.; Esteves, L.; Pais, A. N., 'Estudo analítico de azulejos atribuídos a produção flamenga provenientes do Paço Ducal de Vila Viçosa', in *Da Flandres: Os Azulejos Encomendados por D. Teodósio I, 5^o Duque de Bragança (c 1510-1563)*, ed. M. A. Pinto de Matos, Direção-Geral do Património Cultural e Fundação da Casa de Bragança, Lisboa (2012) 64-74.
27. Mangucci C, Relvas C, Nunes M, Candeias A, Mirão J, Ferreira, T. A., 'Análise de pastas cerâmicas e vidradas dos azulejos do frontal de altar do Convento de Nossa Senhora dos Remédios de Évora', in *Proceedings of A reforma Teresiana em Portugal: Congresso Internacional 2015*, ed. J. Teixeira, Edições Carmelo, Marco de Canaveses (2017) 249-262.
28. Gómez Morón, A. G.; Polvorinos del Río, Á. J.; Castaing, J.; Pleguezuelo, A., 'Ceramics by Niculoso Pisano and quantitative analysis of glazes using portable XRF', *Ph investigación* **6** (2016) 1-23, <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/4063> (acesso em 2022-10-17).
29. Figueiredo, M. O.; Veiga, J. P.; Silva, T. P.; Mirão, J. P.; Pascarelli, S., 'Chemistry versus phase constitution of yellow ancient tile glazes: A non-destructive insight through XAS', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* **238** (2005) 134-137, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.06.033>.
30. Navarro, J. M. F., *El Vidrio*, Editorial CSIC, Madrid (2003).
31. Molera, J.; Coll, J.; Labrador, A.; Pradell, T., 'Manganese brown decorations in 10th to 18th century Spanish tin glazed ceramics', *Applied Clay Science* **82** (2013) 86-90, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.05.018>.

RECEBIDO: 2022.5.25

REVISTO: 2022.8.2

ACEITE: 2022.12.14

ONLINE: 2023.4.5






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>

Aproximación a la metodología HBIM aplicado a la conservación de retablos: dos estudios de casos en Canarias

Uma abordagem à metodologia HBIM aplicada à conservação de retábulos: dois casos de estudo nas Canárias

An approach to HBIM methodology applied to the conservation of altarpieces: two case studies in the Canary Islands

SILVIA DÍAZ PARRILLA^{1*} 
ANTONIO JESÚS SANCHEZ FERNÁNDEZ¹ 
JORGE LUIS DE LA TORRE CANTERO² 

1. Universidad de La Laguna, Dpto. de Bellas Artes, Facultad de Bellas Artes, Santa Cruz de Tenerife, España
 2. Universidad de La Laguna, Dpto. de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Santa Cruz de Tenerife, España

*extsdiazpar@ull.edu.es

Resumen

El retablo es un bien patrimonial con características formales propias, lo que justifica su registro en favor de su conservación y divulgación. Atendiendo a su naturaleza tridimensional, este estudio propone documentarlo a través de la metodología HBIM, creando una réplica digital del retablo, que constituya un modelo de información de uso profesional, académico o divulgativo. Su aplicación implica un conjunto de procesos, agentes intervinientes y multitud de opciones respecto a herramientas *-hardware y software-* que pueden ser utilizadas atendiendo a las necesidades del retablo. Así, presentamos dos casos de estudio: un retablo en su ubicación original y otro trasladado a taller, que nos plantean diferentes retos sobre cómo capturar su configuración física, qué información debemos añadir y cómo acercarla al usuario. Con ello, planteamos una metodología de documentación de retablos, iniciada en las Islas Canarias y extrapolable al estudio de otros retablos de distintas épocas y ámbitos geográficos.

Resumo

O retábulo é um bem patrimonial com características formais próprias, o que justifica o seu registo salvaguardando a sua conservação e divulgação. Devido à sua natureza tridimensional, este estudo pretende documentá-lo através da metodologia HBIM, criando uma réplica digital do retábulo, que constitui um modelo de informação para uso profissional, académico ou informativo. A sua aplicação envolve um conjunto de processos, agentes intervinientes e uma multiplicidade de opções relativas a ferramentas *-hardware e software-* que podem ser utilizadas de acordo com as necessidades. Apresentamos dois estudos de caso: um retábulo no seu local original e outro transferido para uma oficina, que apresentam diferentes desafios na captura da configuração física, informação a acrescentar e como apresentá-la ao utilizador. Propomos uma metodologia de documentação de retábulos iniciada nas Ilhas Canárias possível de extrapolar para o estudo de outros retábulos de diferentes épocas e áreas geográficas.

Abstract

The altarpiece is a heritage asset with specific formal characteristics, which justifies its registration in favour of its conservation and dissemination. Given its three-dimensional nature, this study proposes the use of the HBIM methodology to create a digital replica of the altarpiece, which constitutes an information model for professional, academic or informative use. Its application involves a set of processes, intervening agents and many options regarding tools *-hardware and software-* used according to the needs. We present two case studies: an altarpiece in its original location and another moved to a workshop, which poses different challenges on how to capture its physical configuration, what information to add and how to present it to the user. We propose a methodology for documenting altarpieces initiated in the Canary Islands and that could be extrapolated to the study of altarpieces from different periods and geographies.

PALABRAS-CLAVE

Retablo
 Conservación
 Sistema constructivo
 Visualización avanzada
 HBIM

PALAVRAS-CHAVE

Retábulo
 Conservação
 Sistema construtivo
 Visualização avançada
 HBIM

KEYWORDS

Altarpiece
 Conservation
 Construction system
 Advanced visualization
 HBIM

Nuevos enfoques en el análisis del retablo

El retablo fue uno de los instrumentos más útiles con los que contó la Iglesia para el adoctrinamiento y tradicionalmente ha sido considerado parte del mobiliario litúrgico, con una función claramente didáctica y devocional. A pesar de esa presupuesta condición de bien mueble, lo cierto es que los retablos son verdaderas estructuras arquitectónicas de mayor o menor monumentalidad, algo que lo dota de una dualidad entre bien mueble e inmueble debido a su unión indisoluble con el edificio que les alberga, y su materialmente posible, aunque poco deseable, movilidad [1].

Actualmente, los retablos constituyen una de las manifestaciones artísticas más representativas y singulares del patrimonio español, con características formales propias de cada etapa histórica y ámbito geográfico. Su consideración de producción artística autónoma, desvinculada ya de la escultura y la pintura, ha propiciado el interés de muchos investigadores y ha supuesto la realización de numerosas intervenciones desde hace varias décadas.

Al igual que en la intervención de una escultura policromada aplicamos con naturalidad tratamientos diferenciados entre capas policromas y el soporte, en el caso del retablo esa distinción cobra aún más sentido ya que el soporte adquiere mayor complejidad, pues se trata de un gran entramado encargado de distribuir las cargas al muro que lo recibe y al suelo donde se apoya. El término soporte ya no sirve, ahora hablamos de estructura [2], y como tal requiere también de tratamientos específicos. Debemos entonces conocer cada uno de los elementos que conforman dicha estructura y su funcionamiento, previo a cualquier propuesta de intervención.

Observando ahora las semejanzas entre un retablo y una estructura arquitectónica, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) ya manifestó la importancia de documentar la estructura [3], destacando que el valor del patrimonio no reside solo en su aspecto externo – en nuestro caso la fachada del retablo –, sino también en la integridad de todos sus componentes por ser un producto genuino de la tecnología constructiva, que nos permitirá definir distintos sistemas constructivos propios de una época concreta.

La práctica de la conservación y restauración requiere de un conocimiento exhaustivo de las características de estas estructuras y de sus materiales, además de información sobre estado original de la misma y de sus distintas etapas, las técnicas que se emplearon en la construcción del retablo, alteraciones sufridas y sus efectos.

La realidad es que, aún siendo crucial el papel desempeñado por la estructura, las intervenciones realizadas en las últimas décadas la han dejado relegada a un segundo plano, bien por falta de accesibilidad a la cara interna del retablo o por desconocimiento de la misma y de los distintos elementos que la conforman. Como consecuencia, las actuaciones sobre este bien patrimonial han podido quedar incompletas o en las realizadas se ha podido llegar a aplicar criterios inadecuados, comprometiendo seriamente la estabilidad de la estructura y, por tanto, del conjunto [4].

Esta situación ha puesto de manifiesto la necesidad de estudios que acerquen a los distintos sistemas constructivos que, si bien ya existen a nivel nacional como producto de las intervenciones realizadas por profesionales del campo de conservación y restauración, son escasos desde la óptica de ámbitos geográficos concretos [1].

El estudio de los sistemas constructivos a nivel regional permite asociar las distintas tipologías a una morfología ya definida y a una época determinada. Siendo así, la definición de estas permitiría al conservador-restaurador identificar con facilidad la estructura a través de coincidencias con otras arquitecturas coetáneas, ordenar el cúmulo de tablas que se encuentran tras la fachada del retablo y valorar el estado de conservación de la totalidad del bien. Según lo comentado, antes de actuar, deberíamos observar y comprender [3].

En la actualidad no existe uniformidad de criterios respecto a qué documentar y cómo hacerlo [2]. Respecto a la primera cuestión, al igual que ocurre con cualquier otro bien patrimonial, del retablo necesitamos conocer sus aspectos técnicos y materiales,

modificaciones que haya sufrido a lo largo de su historia e intervenciones realizadas hasta ese momento. Tradicionalmente, la documentación gráfica y fotográfica ha sido un apoyo a toda esa literatura, ilustrando lo que se expone; desde un simple mapa de daños a una memoria fotográfica que muestra detalles del estado de conservación de la obra y de cada uno de los procesos de intervención realizados.

Por tanto, hablamos de la documentación gráfica como un complemento donde llama la atención el uso de un sistema de representación bidimensional para un objeto de naturaleza tridimensional. Consecuentemente, la documentación generada es incompleta al obviar una de sus dimensiones – la profundidad – y, lo que es más grave, su estructura. En la mayoría de los casos, se habla de ella de forma genérica, mostrando fotografías descontextualizadas sobre su estado de conservación, pero sin profundizar en la identificación de unos elementos que son responsables de la estabilidad del conjunto de la obra.

Hoy proponemos dar un paso más en la documentación de estos bienes patrimoniales, apostando por la representación tridimensional como herramienta fundamental en el estudio completo de la obra – fachada y estructura –, que facilita el entendimiento del retablo tanto a profesionales como a no profesionales del patrimonio. No se trata ya de crear un modelo tridimensional vacío, sino que al igual que ya se está haciendo en otras disciplinas como la arqueología, y siguiendo la línea de las cartas de Londres y Sevilla respecto a la virtualización del patrimonio arqueológico [5-6], la documentación gráfica del retablo pasa a ser soporte, un modelo tridimensional vivo al que le añadimos información continua y que será objeto de consulta permanente.

En resumen, con esta publicación hacemos una aproximación a la generación de documentación gráfica tridimensional como recurso y soporte que facilita la comprensión y divulgación del bien de forma eficaz, principalmente por las posibilidades de visualización que permite, mostrando desde la imagen más analítica hasta la más sintética, conjugando las distintas vistas y dando una visión global de estos bienes culturales al añadirle información accesible para profesionales y no profesionales en el campo de la conservación y restauración.

El dibujo como herramienta clave de documentación

Una vez demostrada la importancia de conocer el retablo en su totalidad, nos centramos en cómo realizar ese estudio y definir las distintas tipologías constructivas que nos podemos encontrar detrás de la fachada de los retablos. En este trabajo, el principal obstáculo es el de cómo “traducir” toda la información que nos da la estructura.

La situación ideal se da cuando un retablo es *registrable*, es decir, permite llegar a la cara posterior a través de distintos accesos desde el exterior. Aún cuando esto es posible, la información no se presenta de manera ordenada. En muchas ocasiones nos enfrentamos a un cúmulo de tablas sin un orden aparente ni correspondencia con la cara externa del retablo, donde la reutilización de piezas y modificaciones a lo largo de la historia del bien distorsionan o esconden elementos originales que quizás juegan un papel fundamental en la estructura, como es el caso de los pilares, vigas o anclajes.

Llegar a comprender esa información requiere de un minucioso examen organoléptico, en el que se identifiquen qué elementos son los que sustentan a otros, distribuyen cargas y, en definitiva, hacen posible que el retablo sea estable. Este examen conlleva necesariamente un trabajo de simplificación de la información, quedándonos sólo con aquello que es parte del sistema constructivo y que aporta al profesional (conservador-restaurador) el conocimiento sobre cómo se articula la estructura, haciendo posible la posterior valoración del estado de conservación y propuesta global de futura intervención.

En la actualidad, la fotografía sigue siendo la herramienta más extendida para realizar esa tarea de documentación del retablo, tanto de su anverso como de su reverso. No obstante, con ella podemos conseguir una imagen completa de la cara vista – fachada – pero nunca del perfil

o la planta del retablo, y mucho menos del reverso. Aunque también contamos con recursos como la fotografía o videos de detalle que aportan información adicional sobre el bien, en muchas ocasiones ésta se presenta descontextualizada y difícilmente interpretable. En resumen, la fotografía nos permite tener una visión completa de la fachada del retablo y detalles de este, pero de ella no podemos obtener información respecto a su profundidad y planta – lineal o con movimiento de avance o retroceso – y lo que es más importante, no nos permite conocer su estructura y por tanto cómo se mantienen en pie.

La superioridad del dibujo respecto a la fotografía como elemento transmisor de las características que se deben estudiar y comparar en los retablos, lo ha convertido en herramienta complementaria en las labores de documentación, por su capacidad de síntesis y facilidad de reproducción. Con él, podremos describir las distintas tipologías constructivas a través de la representación de sus elementos principales.

Cada una de las tipologías constructivas asociadas a distintas épocas y ámbitos geográficos presentan diferencias respecto a esos elementos que la conforman. En el caso concreto de Canarias, la fachada de los retablos sigue un orden arquitectónico – pedestal, elemento sustentante y entablamento – pero dependiendo del retablo estos elementos tendrán una función estructural o meramente decorativa [7]; como consecuencia, la manera de documentarlos cambiará.

Así, el dibujo cumple su papel como herramienta de documentación y mejora las carencias mencionadas de la fotografía, acumulando la mayor cantidad de información posible acerca de esos elementos de forma ordenada. Como ya se ha comentado, aún siendo el retablo un objeto tridimensional, tradicionalmente se ha documentado como un objeto bidimensional, con una información casi inexistente de su estructura.

Siempre que sea posible el registro completo del retablo, este debería ser representado en sus tres dimensiones para el entendimiento de su estructura, como parte indisoluble del retablo. Este tipo de representación nos permitirá la observación del bien en una sola captura, arrojando luz a la parte de la estructura, siempre oculta tras la fachada.

La primera problemática que se nos presenta a la hora de registrar/documentar este bien patrimonial, tiene que ver con la nomenclatura; hoy en día no existe una terminología clara respecto a los elementos que conforman los retablos. En este tipo de estudios, y más concretamente en la fase de toma de datos, necesitamos poder nombrar aquellos elementos que estamos representando y que esa designación se asocie a un comportamiento estructural específico. El acercamiento a la terminología de arquitectura parece actualmente lo más acertado dada la similitud del retablo con las estructuras arquitectónicas [4].

En definitiva, identificar qué queremos representar será el punto de partida para comenzar a tomar datos a través de herramientas de medición que agilicen ese trabajo *in situ*. El replanteo de cada una de las piezas estructurales en su localización a partir de las dimensiones generales del retablo facilitará el posterior estudio del comportamiento estructural, aportando una información simplificada que además servirá de referencia para el estudio de retablos que compartan el mismo sistema constructivo [8].

La metodología HBIM aplicada a la documentación de retablos

Documentar un bien patrimonial permite capturar información que atiende a sus características materiales, condiciones y uso del bien. Es una parte esencial en el proceso de conservación del mismo, contribuyendo al entendimiento del retablo y poniendo de manifiesto sus valores [9]. Buscamos representar el retablo en sus tres dimensiones para convertirlo en el soporte contenedor – su réplica digital –, que se convierte en el esqueleto vertebrado de un sistema de información que será objeto de consulta y actualización constante.

Actualmente, la metodología BIM (Building Information Modeling) permite la integración de un sistema de información digital de un bien inmueble en un modelo 3D paramétrico.

Aunque surgió para el desarrollo de proyectos de obra nueva, existe su transcripción al contexto de bienes de patrimonio histórico; bajo el acrónimo de HBIM (Heritage Building Information Modeling) [10], su ámbito de aplicación se centra en los bienes inmuebles y puede tener diferentes fines. Por un lado, el modelado de geometrías complejas para la reconstrucción virtual de arquitecturas perdidas, que permite obtener modelos de gran precisión a partir de capturas digitales de edificios ya existentes; y por otro, la implantación de esta metodología HBIM como parte de un proceso de levantamiento y análisis arquitectónico. Con esto, no solo se abarca la identificación del bien y la captura de su configuración física, sino que se contemplan todas las tareas de investigación, protección, conservación y divulgación que se realicen sobre dicho bien [11].

Al igual que existen distintos niveles de detalle o información en un modelo BIM – conocidos como LOD (Level of Development) –, podemos crear réplicas digitales de bienes patrimoniales con distintos niveles de información; Castellano y Pinto [12] proponen denominarlos LOK (Level of Knowledge), y van desde la identificación del bien y configuración gráfica, hasta la caracterización de cada uno de los elementos que lo conforman, añadiendo datos sobre su caracterización material y estado de conservación. En un nivel superior, pueden incluso llegar a contemplar acciones de conservación e intervención con el fin de convertirse en modelos útiles para la gestión eficiente e integral de la tutela de este bien patrimonial.

Para la implantación de la metodología HBIM resultará clave conocer las características específicas de los bienes patrimoniales, los ámbitos de conocimiento que intervienen en su análisis, tutela y difusión, así como la adecuación del proceso de documentación gráfica y modelado de acuerdo con las características formales y constructivas de estos bienes [10]. En este sentido, la dualidad entre bien mueble e inmueble del retablo y su condición de estructura, nos permite acercarnos a esta “manera” de documentarlos, buscando herramientas para crear esa réplica digital a la que añadiremos información con fines de conservación y divulgación.

Apoyándonos en lo publicado por el ICOMOS respecto a la utilización de sistemas de documentación avanzados en la arqueología [6], existen una serie de principios básicos de los que debemos partir con el fin de promover el uso responsable de las nuevas tecnologías y contribuir a mejorar los actuales procesos de investigación, conservación, difusión e interpretación de bienes patrimoniales. Estos son los principios de interdisciplinariedad, eficiencia y autenticidad, y pueden ser extrapolados al estudio e intervención en el campo de la retabística.

Al igual que necesitamos de distintos profesionales en las tareas de conservación y restauración de un retablo, para que este sistema de documentación funcione será necesaria la participación de distintos agentes: los técnicos que se encarguen de realizar esa réplica digital y estudien el funcionamiento de la estructura, el historiador del arte que arroje luz sobre la historia material de la obra y el conservador-restaurador que valore en última instancia el estado de conservación y que será responsable, en el caso de ser necesario, de la intervención en el retablo.

El principio de interdisciplinariedad se cumple en entornos como HBIM, donde se fomenta el trabajo colaborativo a partir de la creación de un espacio digital común al que pueden acceder todos los miembros de un Equipo de trabajo para compartir información de un proyecto; éste recibe el nombre de CDE (Common Data Environment) y queda regulado por normativa [13] en la que se dan pautas para que la información y el intercambio de datos se gestione de forma estructurada y segura.

Esa interoperabilidad de la información digital en equipos interdisciplinarios de trabajo garantiza también una mayor eficiencia en el ámbito de los proyectos de conservación y restauración que se realicen sobre el bien patrimonial. La implementación de esta metodología conlleva usar menos recursos, con opciones cada vez más accesibles y económicas para todos. Y lo más importante, la información queda concentrada en un único soporte, sujeto a continuas modificaciones que se puedan dar y que formarán parte de la historia material del bien.

Tabla 1. Destinatario y uso del modelo de información.

Destinatario	Uso del modelo
Ámbito divulgativo <i>Gestor del bien</i>	Uso 1: Recurso de información y difusión accesible
Ámbito académico <i>Comunidad educativa y científica de conservación y restauración</i>	Uso 2: Recurso didáctico
Ámbito profesional <i>Profesionales de la conservación y restauración, historiadores del arte y otros profesionales del patrimonio</i>	Uso 3: Investigación y análisis de documentación previa a la realización de intervenciones

Tabla 2. Los usos del modelo y nivel de detalle de la documentación.

Tipo de documentación	Nivel de detalle*								
	Uso 1			Uso 2			Uso 3		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
Historia material y aspectos iconográficos		x		x			x		
Documentación fotográfica del bien	x				x		x		
Material audiovisual adaptado a público no experto	x								
Descripción de las distintas tipologías constructivas			x	x			x		
Documentación relativa a la gestión de proyectos de intervención			x	x					
Estado de conservación del bien				x			x		
Aspectos técnicos de la obra				x			x		
Estudios previos (estratigrafías, RX, UV, etc.)					x		x		
Documentación sobre intervenciones anteriores			x	x			x		

*A= alto; M= medio; B= bajo

Atendiendo al último principio, el de autenticidad, expuesto en la Carta de Venecia de 1964 [14] y reafirmado en el Documento de Nara (1994) [15], defendemos que los valores atribuidos a nuestros bienes patrimoniales son los que fundamentan su conservación, y nuestra capacidad de conocer y comprender esos valores depende, en gran medida, del grado en el cual las fuentes de información sobre el bien patrimonial se consideren creíbles.

En definitiva, el registro de un bien patrimonial garantiza la salvaguarda de sus valores formales, materiales y constructivos. Con la implementación de la metodología HBIM, además, tendremos a nuestro alcance un modelo digital vivo, al que le añadiremos información constante relativa a los distintos proyectos de restauración, siendo también objeto de consulta en tareas de investigación, conservación y difusión del bien patrimonial (

Tabla 1).

Dependiendo del uso, el nivel de detalle del modelo tridimensional y su documentación asociada variará, dado que los destinatarios son perfiles distintos (Tabla 2). Por ejemplo, la información relativa a aspectos técnicos de la obra será más completa y específica cuando esté dirigida a profesionales de la conservación y restauración que cuando se quiera usar con fines divulgativos.

Herramientas para la toma de datos, creación y gestión del modelo

El acercamiento a la metodología HBIM no se reduce a la simple elaboración del modelo 3D vacío y sin contenido, sino que engloba un conjunto de procesos, agentes intervinientes y herramientas que permiten documentar, conservar y divulgar este bien patrimonial.

Dependiendo del producto que queramos obtener y la parte del proceso donde nos encontremos, haremos uso de distintos hardware y *softwares*. Las etapas que encontramos en la documentación del bien son tres: la toma de datos, la creación del modelo tridimensional – superficial y/o geométrico – y la generación del visualizador donde consultar la información asociada a esa réplica digital (Tabla 3).

En la primera fase de toma de datos *in situ*, realizada sobre el bien patrimonial, recurrimos a instrumentos de medición como la cinta métrica y el distanciómetro láser para una toma directa de datos. La realización de croquis como producto es fundamental, documentando desde lo general a lo específico, y tomando fotos y videos que sirvan como “recordatorio” a la hora de volcar esos datos y crear el modelo tridimensional.

Otra de las opciones para la toma de datos *in situ* es el uso de dispositivos, móviles o escáneres, con tecnología Lidar, que nos aportan información útil respecto a la volumetría del retablo que además es fácilmente medible; una tecnología inabarcable con precios cada vez más accesibles que se convierten en opciones económicas y sencillas con fines de documentación más o menos precisos. En este caso, deberemos recurrir a *softwares* tipo visualizadores y editores de nube de puntos para poder visualizarlos, ya que el producto que obtendremos será un modelo 3D superficial – una malla. En esta fase, y dependiendo de la calidad del modelo que genere, podremos utilizarlo como un recurso auxiliar que “recuerde” una volumetría de detalle una vez tomados los datos de forma directa (la moldura superior de una pilastra, la geometría del pedestal, etc.), o bien como un modelo superficial independiente, que capture toda la geometría del retablo y que sea atractivo en el caso de visualizadores de uso divulgativo (Figura 1).

Tabla 3. El proceso de documentación asociado al uso de *softwares* y hardware.

Etapas	Tipos de herramientas
Toma de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de datos directa: Instrumental de medición y dibujo (croquis con información estructural) • Tecnología Lidar y fotogrametría (nube de puntos con información superficial)
Generar un modelo tridimensional	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo estructural: <i>software</i> paramétrico de modelado 3D (Fusion 360, Revit) • Modelo superficial: <i>software</i> de generación de mallas (Recap, Cloud compare, Agisoft Metashape, Reality Capture, RealityScan, Polycam, etc.)
Incorporar información al modelo. Creación de un visualizador objeto de consulta.	<ul style="list-style-type: none"> • HBIM Smart Heritage, Edificius, Ark-Bim (para uso profesional) • Sketchfab, Unreal Engine, Mozilla Hubs (visualizador para uso divulgativo)



Figura 1. El modelo 3D superficial: a) dispositivo móvil con tecnología Lidar (Iphone 13 Pro con el *software* Scaniverse); b) láser escáner (3D Leica RTC360).

Otra opción viable en la toma de datos, muy usada en el campo de la conservación y restauración de escultura, es la fotogrametría. A través del uso de dispositivos fotográficos de distinta gama, y su tratamiento mediante visualizadores y editores de modelos fotogramétricos, obtendremos un modelo 3D superficial con texturas, que se acerca más a la apariencia real del retablo y, por lo tanto, es más fácil de interpretar por parte del usuario. No obstante, tanto en el caso de la fotogrametría como los dispositivos de tecnología Lidar, las condiciones óptimas para la toma de datos de la cara externa e interna solo se darían en aquellos retablos de menores dimensiones y que puedan ser capturados en su totalidad. Esto solo se dará si se encuentran desvinculados del inmueble que los alberga, es decir, aquellos que hayan sido trasladados a talleres para su restauración.

Debemos tener en cuenta que cuando la fotogrametría es aplicada en retablos situados en su ubicación original, la óptica de gran angular altera la geometría que captamos, y por lo tanto distorsiona la imagen. Asumimos entonces que sus dimensiones, su localización y la tipología del bien – de perfiles más bien rectos – limitaría su uso [16]. Solo en el caso de aquellos retablos de taller que hayan sido desmontados por módulos, esta técnica será la más rápida y recomendada. Así, en los retablos que se encuentren en su ubicación original y permitan el acceso al interior, la toma de datos directa – dibujos y croquis – será la única opción válida para documentar la estructura, es decir, la cara interna del retablo.

Una vez terminada esta primera etapa, pasamos a la fase de creación del modelo, en la que debemos hacer distinción entre un modelo superficial – generado a partir de nube de puntos – y el modelo geométrico. Del primero de ellos ya hablamos en la fase de toma de datos; a través de esa tecnología Lidar o la fotogrametría vamos a poder capturar de forma rápida los elementos de la cara externa del retablo y, en casos muy concretos, la volumetría total del mismo. Por su parte, el modelo geométrico pone en valor a la estructura y atiende a la necesidad de documentarla como un objeto formado por distintos componentes que se ensamblan entre sí.

Para poder generar un modelo geométrico accedemos a *softwares* paramétricos de uso en ingeniería. Tras haber realizado un barrido de los posibles *softwares* que admitieran el estudio del conjunto de ensamblado -la estructura-, nos decantamos por Autodesk Fusion 360. Así, generamos un modelo que va más allá de la superficie, en la que cada uno de los elementos reproducidos atienden a una nomenclatura y un comportamiento estructural específico. En este modelo geométrico solo se representa de manera pormenorizada aquellas piezas que cumplen una función concreta en la estructura.

Hasta ahora hemos hablado de dos tipos de modelos – geométrico y superficial –, estableciendo qué información pretendemos obtener de cada uno de ellos. No obstante, dependiendo de las posibilidades de estudio del retablo, podrán converger en un mismo visualizador los dos modelos, o bien puede existir un modelo geométrico que se complementa con el modelo superficial – cuando solo pueda ser capturada la cara externa –, que ayuda a contextualizar todo ese cúmulo de piezas ensambladas, ubicando la estructura en el contexto de la obra.

En el caso de retablos registrables que mantengan su ubicación original, la mezcla entre un modelo geométrico y uno superficial es factible. Así, al igual que escogemos un *software* de precisión para la realización de la parte interna – estructura – del retablo, también escogemos herramientas de escaneo para la realización de la piel, es decir, la cara externa del mismo, siempre y cuando los elementos de esa fachada no tengan función estructural [17]. La incorporación de esa malla al modelo geométrico, actuando como una especie de capa o portada, se podría visualizar a partir de *softwares* de generación de mallas, activándose o desactivándose en el visualizador final.

En el caso de retablos que estén desmontados en taller y permitan generar modelos completos – superficiales y geométricos –, se nos presenta la oportunidad de hacer uso de ambos. El modelo superficial permitirá la observación del bien en una sola captura, con una apariencia cercana a la realidad del retablo, que se puede convertir en el contenedor de

información relativa a historia material, aspectos histórico-artísticos, etc. Mientras, el modelo geométrico descubre pieza a pieza la estructura; se trata de un modelo de mayor precisión que va a ser contenedor de información técnica de la obra, y del cual podremos sacar recursos audiovisuales que ayuden a la comprensión de esa cara oculta de la obra.

A partir de la creación de ese modelo tridimensional, buscamos las herramientas para añadir información al bien, dándole un carácter multidimensional. Dependiendo del uso que se le vaya a dar a este modelo digital, apostamos por *softwares* específicos en el caso de llevar a cabo un proyecto de conservación y restauración sobre el bien, de manera que se pueda ir añadiendo capas de información de forma continuada. Si la finalidad de la réplica digital es únicamente la divulgación del bien, optaremos por visualizadores que, a la vez que facilitan la comprensión de su geometría, dan acceso a información general sobre el retablo como producto final que podría estar sujeto a actualizaciones.

Uno de los *softwares* de uso profesional (*uso 3*) que más se adapta a las necesidades de esta tipología de bienes patrimoniales es el HBIM Smart Heritage [18], una herramienta adaptada a la metodología BIM enfocada a la gestión, estudio y conservación del patrimonio histórico. La réplica digital generada actúa como soporte de un proyecto de conservación y restauración, donde todos los agentes intervinientes tienen acceso a la documentación generada, compartida y sujeta a revisión.

Esta aplicación crea un modelo tridimensional del bien histórico al que se le incorporan distintas capas de información, con la novedad de que se asocia con bases de datos específicas de proyectos de conservación y restauración. Además, es una plataforma online colaborativa que está diseñada para trabajar con estándares abiertos de cara a poderse comunicar con otros *softwares*, es lo que conocemos como interoperabilidad del modelo.

Cuando la finalidad de documentar el retablo es únicamente divulgarlo o utilizarlo como recurso didáctico (*uso 1* y *uso 2*), optamos por entornos virtuales donde el modelo actúa de soporte de toda la información que queramos aportar. Hoy en día existen numerosos visualizadores online como Sketchfab [19] o la opción de realizar un visualizador multimedia “a medida” concebido específicamente para su difusión.

Estudio de casos: un retablo de taller y un retablo *in situ*

Planteamos dos escenarios, dos retablos con características comunes respecto a su morfología y cronología, pero distintos respecto a su escala, ubicación y estado de conservación.

El primero de ellos es el *Retablo Mayor* de la Capilla de los Dolores, en Icod de los Vinos (Tenerife). Este retablo, que data de la segunda mitad del siglo XVIII, fue catalogado por Alfonso Trujillo [20] como del “rocó chino” y su sistema constructivo es conocido como “caja arquitectónica o de lámina” [8]. Esta tipología, única en Canarias, se asemeja a la tipología de retablo de lámina que existía a finales del siglo XV en la España Peninsular. En él, la “mazonería” o fachada del retablo es eminentemente plana y se desarrolla longitudinal y transversalmente sobre una estructura adosada al muro. En este tipo de soluciones, el orden arquitectónico no tiene función estructural (Figura 2).

El segundo caso es el *Retablo de San Cristóbal*, situado en la ermita del mismo nombre en San Cristóbal de La Laguna (Tenerife). En la bibliografía relativa a la ermita no se hace alusión al retablo [21], probablemente porque no fue esa su ubicación original; el encuentro con el muro se resuelve de una manera “improvisada” y el retablo está incompleto al faltarle en su parte superior una coronación o ático, que dada la altura de la capilla mayor, sería imposible de colocar (Figura 3). Lo que sí conocemos es que es coetáneo al *Retablo Mayor de los Dolores* y atiende a una tipología constructiva similar, aunque presenta algunas variantes, siendo este un retablo de sistema mixto [8].



Figura 2. Retablo Mayor de la Capilla de los Dolores, Icod de Los Vinos (Tenerife, Islas Canarias).



Figura 3. Retablo Mayor de la Ermita de San Cristóbal, San Cristóbal de La Laguna (Tenerife, Islas Canarias).

La principal diferencia entre estas dos arquitecturas, además de sus dimensiones, es su planta, que en el *Retablo de San Cristóbal* es poligonal. Eso hace que algunos de sus elementos formen “cajas” que sustentan las piezas que elevan en altura, haciendo que el comportamiento estructural sea distinto y no requiera estar adosado a una estructura (Figura 4).

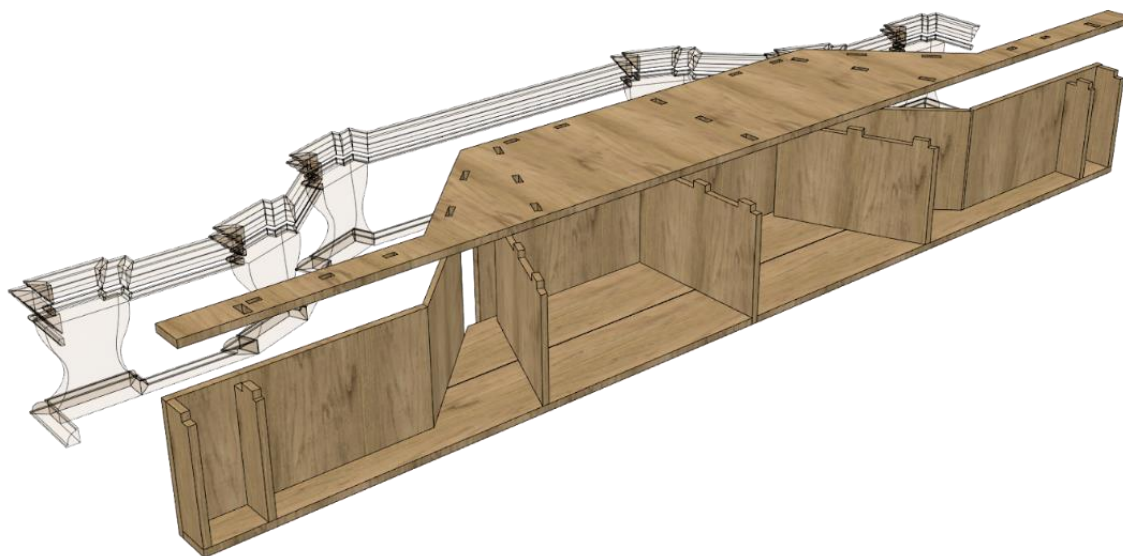


Figura 4. Despiece del banco del primer cuerpo del Retablo Mayor de San Cristóbal.

A la hora de capturar o documentar su configuración física, su ubicación ha determinado el uso de las distintas herramientas – *softwares*. Así como el *Retablo Mayor de los Dolores* es una arquitectura de grandes dimensiones y permite ser estudiado *in-situ*, el *Retablo de San Cristóbal* pudo documentarse gracias a su desmonte y posterior traslado al taller de conservación y restauración de la Facultad de Bellas Artes, en la Universidad de La Laguna. En ambos casos, y dadas sus características constructivas y su funcionalidad, se pudo estudiar la totalidad de sus estructuras, pero las herramientas usadas para hacerlo fueron distintas.

Para empezar, el *Retablo Mayor de los Dolores* es un retablo *registrable*. Esto quiere decir que es posible acceder a la estructura a través del espacio existente entre la caja arquitectónica y el muro. Los accesos a esa cara oculta del retablo se encuentran repartidos por toda la arquitectura, accesos que en su momento se crearon por cuestiones de funcionalidad (extracción y colocación de hornacinas e imágenes, modificación de la mesa de altar, tareas de mantenimiento...). Esto ha permitido que el retablo, gracias al culto activo, mantenga sus accesos intactos y admita el estudio de su estructura. Sin embargo, la fotogrametría no es una opción para documentarla, ya que no existe espacio suficiente entre el muro y el retablo para la captura de la serie de imágenes necesarias que permitan crear el modelo.

El caso del *Retablo de San Cristóbal* es distinto; dado su mal estado de conservación, se procedió a su intervención en taller, justificado en casos muy concretos. Esta situación resultó idónea para estudiar cada uno de los cuerpos que conforman el retablo, pieza a pieza. Su tratamiento se acerca, por tanto, al de bien mueble y se pudo llevar a cabo por su facilidad de desmonte y pequeñas dimensiones. Además, la operación de desmonte nos arroja luz sobre el muro al que se sostiene la estructura – del que es importante conocer su estado de conservación –, y nos da pistas sobre las posibles intervenciones que ha sufrido a lo largo de su historia. El hecho de poder rodear el retablo y sus distintos módulos hizo posible poder capturar su configuración física a través de la tecnología Lidar, mediante el escaneado de cada uno de los módulos o cuerpos que se encuentran en el taller, además de poder utilizar técnicas como la fotogrametría para toma de datos menos precisas, que permitan capturar la volumetría de los elementos ornamentales.

Siendo los dos retablos escenarios completamente diferentes, la manera de documentarlos también lo ha sido. En el caso del *Retablo Mayor de los Dolores*, el trabajo ha sido extenso; si bien la cantidad de accesos y el orden en su construcción facilitaba la toma de datos, sus dimensiones y el mal estado de algunas zonas alargaban la tarea. La creación del modelo tridimensional a

partir de dibujos de detalle, nos permitía analizar cada una de las piezas, situarlas en la estructura y describir qué función cumplen en la estabilidad de la arquitectura. Volcar esa información en un *software* como Autodesk Fusión 360 nos permitió obtener un modelo tridimensional, ordenado según los elementos que conforman la estructura y que nos aporta datos sobre cómo fue construido (Figura 5).

Por su parte, el *Retablo de San Cristóbal* es un caso ideal de estudio, ya que gracias a sus dimensiones y ubicación, posibilita la toma de datos de una forma directa con distintas herramientas, de manera más o menos precisa. Al poder rodear la pieza, nos da una visión completa, haciendo una captura casi instantánea de la cara externa e interna del retablo e identificando así todos los elementos que tienen función estructural y los que no. Es en estos casos donde se abre un abanico de posibilidades en cuanto a cómo realizar su réplica digital.

En el caso del *Retablo Mayor de los Dolores*, recurrimos a dispositivos de tecnología Lidar (escáner 3D Leica RTC360) únicamente para documentar la cara externa del retablo. Obtuvimos así una nube de puntos que a través de un *software* específico (Agisoft Metashape) transformamos en la malla de un modelo superficial. Para la estructura – modelo geométrico –, la opción de toma de datos directas a través del dibujo y fotografías nos permitió hacer el modelado pieza a pieza (Fusion 360), obteniendo como resultado un modelo que nos permite comprender de forma pormenorizada el funcionamiento estructural de nuestra arquitectura.

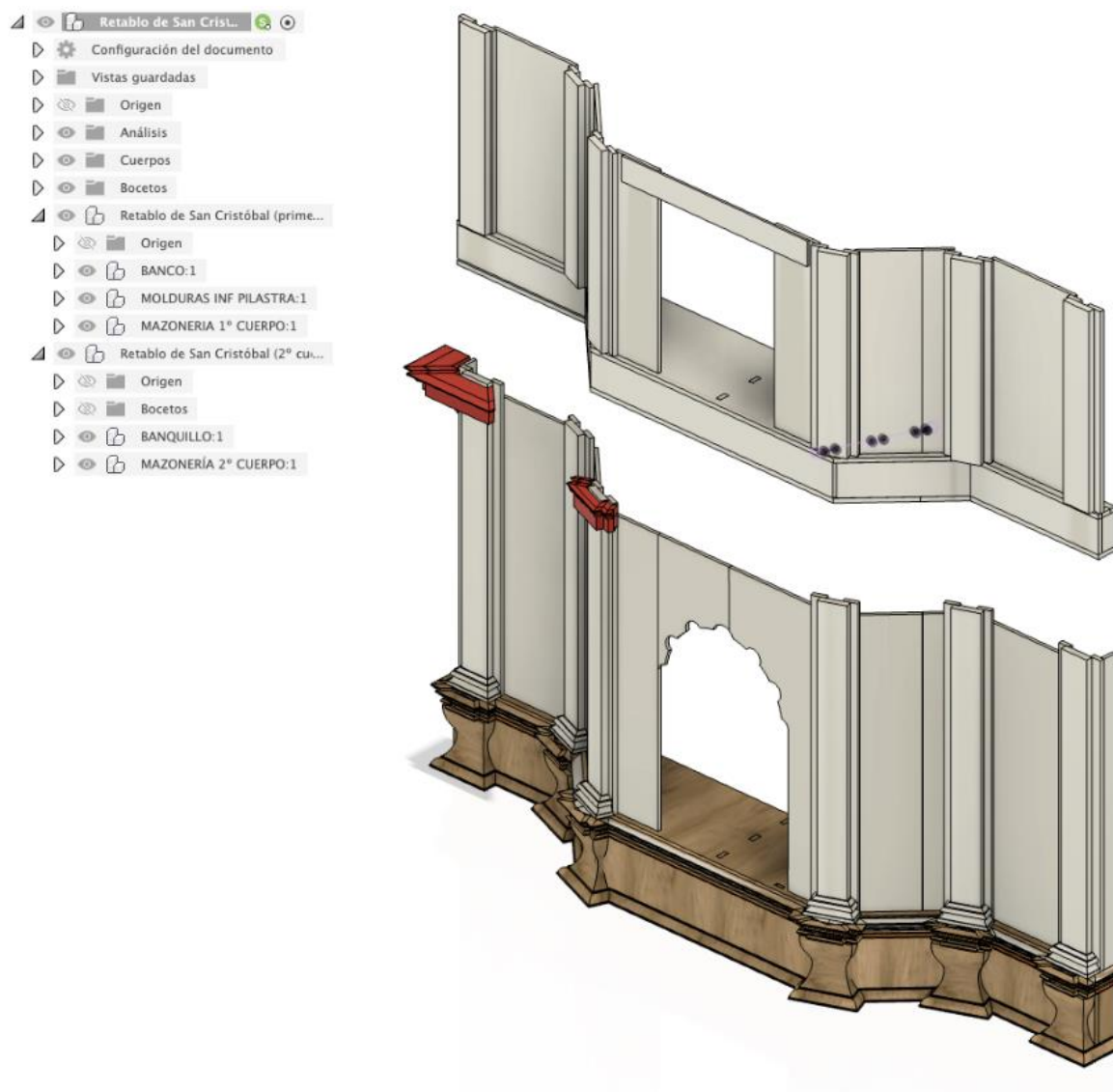


Figura 5. Detalle del desglose de elementos modelados del *Retablo de San Cristóbal* en el *software* Autodesk Fusion.

Con el *Retablo de San Cristóbal*, optamos por un modelo geométrico para definir los elementos que conforman su estructura que, además, debido a su sistema constructivo conforman la cara externa. De hecho, las molduras – que generalmente tienen carácter ornamental –, también cumplen su papel en la estabilidad del conjunto, de ahí que se haya decidido modelarlas. Por otro lado, y teniendo la posibilidad de estudiarlo “de cerca” optamos por probar distintos dispositivos con tecnología Lidar (escáner 3D Leica RTC360 y dispositivos móvil, Iphone 13 Pro, *software* Scaniverse) de mayor y menor precisión, respectivamente, y valoramos la opción de realizar la fotogrametría del bien para obtener un modelo superficial con texturas.

Con los modelos tridimensionales – superficiales o geométricos – estudiamos la manera de añadir capas de información. En el caso del *Retablo Mayor de los Dolores*, cuyo fin es el de divulgación, optamos por un visualizador que permita al gestor del bien aportar información relativa a las características de un retablo único en Canarias, un ejemplo clave de los retablos de caja arquitectónica, al que arrojamamos luz respecto a cómo se construyó, las modificaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo, documentación fotográfica antigua, etc. En definitiva, una muestra de la historia material de este bien al que tendrán acceso los usuarios a través de sus dispositivos móviles o *tablets* – uso divulgativo.

Con el *Retablo de San Cristóbal*, el reto ahora es crear un visualizador “a medida” que permita un uso docente del modelo. El hecho de tener un retablo en el taller de Conservación y Restauración del Retablos de la Universidad de La Laguna, no solo les da la posibilidad de conocer los distintos tratamientos que se pueden realizar sobre el bien patrimonial, sino que previamente pueden estudiar las distintas partes que conforman el retablo, cómo se estructura y cómo funciona. Este modelo de información será por tanto un recurso didáctico clave para implantar lo que se conoce como aprendizaje invertido o *flipped learning*; una estrategia en la que el concepto de aprendizaje en el aula es invertido. Los estudiantes trabajarán con el material de aprendizaje – nuestro modelo de información – antes de la clase, y las sesiones presenciales se dedicarán a la aplicación del conocimiento adquirido y a solventar problemas en grupos pequeños, creando espacios de debate [22].

Así, los alumnos llegarán al taller con conocimientos previos respecto a aspectos técnicos de los retablos, y la clase se destinará a la puesta en común de todo ese material didáctico, creando un espacio para las dudas y destinando todo el tiempo de trabajo a intervenir sobre la obra real, bajo la supervisión del profesor en el aula y aplicando lo aprendido a través de ese recurso. La finalidad de este modelo es animar al estudiante a conocer cómo es la estructura responsable de la estabilidad del conjunto, poner a su alcance la información relativa a las características técnicas de la obra, alteraciones y posibles tratamientos, resultados de estudios previos realizados sobre la pieza, etc.

Tanto en el caso del modelo de información destinado a uso académico como en el de uso divulgativo, el usuario solo necesitará un dispositivo móvil, *tablet* u ordenador para poder visualizarlo. Así como para el uso académico, pretendemos realizar un visualizador a medida – actualmente en fase de construcción; y el visualizador para uso divulgativo será online (Sketchfab o Mozilla Hubb) donde el usuario podrá tener acceso al modelo tridimensional completo y toda la información relativa al mismo.

Tabla 4. *Hardwares* usados según la tipología y ubicación del retablo.

Hardwares	Retablos <i>in situ</i>	Retablos en taller
Instrumental de medición y dibujo	Cara interna del retablo – estructura – (modelo estructural)	
Tecnología Lidar	Cara externa (completa el modelo estructural).	Cara externa e interna (modelo superficial completo sin textura)
Fotogrametría	Cara externa de detalle – molduras, elementos decorativos – (completa el modelo estructural).	Cara externa e interna (modelo superficial completo – preferentemente en retablos menores no lineales – con texturas)

En definitiva, dependiendo de su ubicación, la accesibilidad a la estructura del retablo, y uso del modelo a realizar, se utilizarán distintos hardware y softwares (Tabla 4) con las capas de información que variarán en función de los valores que se quieran resaltar.

Conclusiones

Gracias al interés suscitado por investigadores y profesionales de la conservación y restauración hoy tenemos una nueva forma de conocer el retablo que, a través de una visión más integradora, arroja luz a la cara oculta de estos bienes patrimoniales. Siendo conscientes del papel fundamental que cumple la estructura en la estabilidad del conjunto, este estudio ha puesto de manifiesto la necesidad de documentarla respetando la naturaleza tridimensional del retablo.

Con la premisa de que todo aquel bien patrimonial que tenga características propias de una época y ámbito geográfico determinado merece ser registrado, nos acercamos a la metodología HBIM, vinculada hasta el momento a patrimonio construido, pero con posibilidades de aplicación a otros bienes patrimoniales como los retablos.

Para poder llevar a cabo este proceso de documentación, hemos intentado atender a las peculiaridades de estos bienes patrimoniales, su ubicación y acceso, y el uso del modelo generado que influirá en la manera de documentarlos. En este sentido, la elección de las herramientas, *hardware* y *softwares*, que se adapten a estas particularidades es esencial para la creación del modelo de información.

En esta investigación destacamos dos situaciones que favorecen el estudio del retablo en su totalidad. Una de ellas se da en retablos que se encuentran en su ubicación original y son *registrables* – generalmente retablos mayores –, ya que nos descubren cómo es su unión con el inmueble que los alberga y permiten valorar su estado de conservación sin ser desmontados. En el *Retablo Mayor de los Dolores* obtuvimos un modelo “tipo” de una tipología constructiva concreta – retablo de caja arquitectónica –, que pretende servir ahora como referencia para aquellos retablos no registrables cuya apariencia exterior – estilo y época – sea similar, y por tanto compartan el mismo sistema constructivo [8]. En este caso, el fin último de la creación de este modelo de información era esencialmente divulgativo, pero podría ser usado como soporte de información en el caso de que se realizaran trabajos de conservación y restauración sobre el mismo, ya que existen *softwares* que permitirían importar este modelo, como HBIM Smart Heritage, trabajando sobre el mismo durante la intervención.

Otro de los escenarios propicios para el estudio de estas estructuras se da cuando el retablo es trasladado a un taller para su intervención, como es el caso del *Retablo de San Cristóbal*. En estas situaciones, tenemos la oportunidad de “rodear” el retablo y tener acceso a todos los elementos que conforman su estructura. Aquí se amplía el abanico de posibilidades respecto al uso de distintos *hardware* y *softwares*, y el estudio de la estructura es mucho más accesible. No obstante, esta situación no se da a menudo, ya que en intervenciones de retablos no se suelen desmontar las estructuras, sino que son intervenciones que se realizan *in situ*, con extracción puntual de alguno de sus elementos, como hornacinas o pinturas sobre tablas, elementos ornamentales o coronaciones. Por esta razón, vemos en esta modalidad una oportunidad única de conocer cómo se articula su estructura, para así divulgar un sistema constructivo que en este caso es casi inaccesible en la mayoría de los retablos – de sistema mixto –, tipología constructiva que se da en Canarias en el siglo XVIII.

En todo momento hemos hablado de modelos de información geométricos – modelado paramétrico – y superficiales – escaneado. El reto que se nos plantea ahora es definir cómo conviven estos dos modelos en un único visualizador. Conociendo ya las posibilidades de generar uno y otro, debemos profundizar en qué tipo de información queremos que contengan, reduciendo el modelo geométrico a aquellas piezas que tengan que ver con la estructura y que, por tanto, formen parte de su engranaje, y desarrollando un modelo superficial que tenga como

la finalidad captar una imagen más cercana a la realidad, complementándolo e incluyendo información relativa a su historia material.

Actualmente, nos encontramos en la fase final de este proceso: la gestión de este modelo de información. Estudiamos ahora cómo añadir toda la información generada a esta réplica digital y cómo hacerla llegar a los usuarios atendiendo a sus distintos usos – académico, divulgativo y profesional. En este sentido, tanto para la creación del modelo generado para uso académico como para el divulgativo, apostamos por un visualizador. El de uso académico se está realizando “a medida”, incorporando información continuamente, que permita la interacción del alumno con el modelo de consulta.

Para el modelo divulgativo, el visualizador será más simple; el usuario tendrá acceso a este de forma online y la información derivada de este modelo será más simplificada y precisa, aprovechando recursos generados a partir del modelo geométrico como pueden ser videos de despieces, localización de accesos al interior y modificaciones que haya sufrido el retablo a lo largo de su historia.

Finalmente, nos referiremos a *softwares* específicos y no a visualizadores cuando se trata de modelos de uso profesional. Aunque existen *softwares* que aplican la metodología HBIM en ámbitos de patrimonio construido, aún no existe un *software* específico para bienes patrimoniales con las características de los retablos. Uno de los *softwares* que se adapta en mayor medida a las necesidades de los conservadores-restauradores es actualmente HBIM Smart Heritage, usado actualmente para proyectos de conservación y restauración de otros bienes patrimoniales.

Aunque puede llegar a ser una tarea compleja, ya el factor tiempo juega en contra cuando se trata de proyectos de intervención sobre obra real, consideramos que la creación de esta réplica – a través de *software* paramétrico – y traslado a un *software* de gestión patrimonial – HBIM Smart Heritage, por ejemplo –, permitiría crear un espacio colaborativo donde todos los agentes intervinientes tendrían acceso a la documentación generada antes y durante la intervención, y esta estaría contenida en un mismo soporte. Ese modelo al que se le pueden añadir capas y capas de información está vivo y, una vez finalizada la intervención, se convertirá en una base de datos de consulta para profesionales del campo, y una pieza clave para su conservación y divulgación por parte del gestor de este bien patrimonial.

REFERENCIAS

1. Carrasón López de Letona, A., ‘Construcción y ensamblaje de los retablos en madera’, in *Retablos: Técnicas, materiales y procedimientos*, Ge-IIC y Universidad Literaria de Valencia, Valencia (2006), <https://www.ge-iic.com/2007/01/25/retablos-tecnicas-materiales-y-procedimientos-cd/> (acceso en 2023-01-05).
2. Ceballos, L., ‘Las tres dimensiones del retablo’, in *Estructuras y sistemas constructivos. Retablos: estudios y conservación*, Ge-IIC y la Universidad Literaria de Valencia, Valencia (2003) 51-61.
3. *Principios para la conservación del patrimonio construido en madera*, 19° Asamblea General del ICOMOS, India (2017), https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/GA2017_6-3-4_WoodPrinciples_ESP_adoptados-15122017.pdf (acceso en 2023-01-05).
4. Guerra-Librero Fernández, F., ‘Estructuras de retablos’, in *Retablos: Técnicas, materiales y procedimientos*, Ge-IIC y la Universidad Literaria de Valencia, Valencia (2006), <https://www.ge-iic.com/2007/01/25/retablos-tecnicas-materiales-y-procedimientos-cd/> (acceso en 2023-01-05).
5. *Carta de Londres para el uso de la visualización tridimensional en la investigación y divulgación del Patrimonio Cultural*, London (2006) http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_1_1_es.pdf (acceso en 2023-01-05).
6. *Los principios de Sevilla. Principios internacionales de la arqueología virtual*. ICOMOS, Sevilla (2017), <https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf> (acceso en 2023-01-05).
7. Tudela Noguera, M. A., *El retablo barroco en Canarias. Tenerife, siglos XVII y XVIII*, Disertación doctoral, Departamento de pintura y escultura, Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna (2003).
8. Díaz Parrilla, S.; Tudela Noguera, M. A., ‘Sistemas constructivo y estructural de los retablos en la isla de Tenerife a través de documentación digital del Patrimonio (HBIM)’, in *XV Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*, Fundación CICOP, Granada (2021) 391-400.

9. *Principles for the recording of monuments, groups of buildings and sites*, 11th ICOMOS General Assembly, ICOMOS, Sofía (1996), <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/387-principles-for-the-recording-of-monuments-groups-of-buildings-and-sites-1996> (acceso en 2023-01-05).
10. Armisen Fernández, A. (coord.), *BIM aplicado al Patrimonio Cultural. Documento 14*, Building Smart Spain, s.l. (2018), https://www.buildingsmart.es/app/download/12539201426/Gu%C3%ADa%20BIM-Patrimonio_Cultural.pdf?t=1649775021 (acceso en 2023-01-05).
11. Castellano-Román, M.; Pinto-Puerto, F., 'Estrategias de modelado patrimonial en HBIM, aplicación a la lectura estratigráfica del muro de fachada del cuadrante renacentista de la catedral de Sevilla', *Arqueología de la Arquitectura* **18** (2021) e109, <https://doi.org/10.3989/arq.arqt.2021.001>.
12. Castellano-Román, M.; Pinto-Puerto, F., 'Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain)', *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* **14** (2019) e00110, <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00110>.
13. *ISO 19650-1: Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modelling). Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling). Parte 1: Conceptos y principios*, Asociación Española de Normalización y Certificación, España (2018), <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0062137> (acceso en 2023-01-05).
14. *Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de monumentos y sitios*, Venecia: II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos históricos, ICOMOS, Venezia (1964), https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/venice_sp.pdf (acceso en 2023-01-05).
15. *Documento de Nara sobre autenticidade*, Convención del Patrimonio Mundial UNESCO, ICCROM, ICOMOS, Japón (1994), https://www.iccom.org/sites/default/files/publications/2020-05/convern8_06_docudenara_esp.pdf (acceso en 2023-01-05).
16. Díaz, Manuel D., 'Modelado 3D de precisión en procesos de digitalización de escultura construida', *AusArt Journal for Research in Art* **9**(2) (2021), 113-125, <https://doi.org/10.1387/ausart.23077>.
17. Tudela Noguera, M. A., de la Rosa, D.; Acosta, S., 'Un retablo rococó de caja arquitectónica', in *16 Congreso Internacional de Conservación y Restauración*, ed. P. Roig Picazo, vol.2, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2006) 1389-1400.
18. *HBIM Smart Heritage*, <https://hbim.app/home> (acceso en 2021-06-02).
19. *Sketchfab*, <https://sketchfab.com> (acceso en 2021-05-13).
20. Trujillo Rodríguez, A., *El retablo barroco en Canarias*, vol. 1, Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria (1977).
21. Díaz, G.; González, F., *Strenae Emmanuella Marrero Oblatae*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, España (1993).
22. Moffett, J., 'Twelve tips for "flipping" the classroom', *Medical Teacher* **37** (2014) 331-336, <https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.943710>.

RECIBIDO: 2022.6.22

REVISTO: 2022.6.12

ACEPTADO: 2022.12.15

ONLINE: 2023.5.29



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Para ver una copia de esta licencia, visite

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

NORMAS PARA OS AUTORES

Princípios éticos

Tipos de manuscritos

Manuscritos

Referências bibliográficas

Submissão dos manuscritos

Avaliação dos manuscritos

Direitos

<https://conservarpatrimonio.pt/authors>

GUIDELINES FOR AUTHORS

Ethical guidelines

Types of collaboration

Manuscripts

References

Submissions

Refereeing

Rights

<https://conservarpatrimonio.pt/reviewers>

