



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

Maio
May
2023

43

Fotografia da capa Cover photograph

Caracterización de materiales en fotografías a la albúmina del álbum de memorias de Calouste Sarkis Gulbenkian, pp. 8-24.

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

- 8 **ALBA GUERRERO, JOANA SILVA**
Caracterización de materiales en fotografías a la albúmina del álbum de memorias de Calouste Sarkis Gulbenkian
Caracterização material de fotografias em albumina no álbum de memórias de Calouste Sarkis Gulbenkian
Materials characterization of albumen prints from Calouste Gulbenkian's memories album
- 25 **MARIA JOÃO BAPTISTA NETO**
Exemplos de restauro arquitetónico em Portugal entre os séculos XVI e XVIII segundo o espírito da concinnitas: harmonia, unidade e conformidade
Examples of architectural restoration in Portugal in the 16th to 18th centuries according to the spirit of concinnitas: ideal of harmony, unity and conformity
- 42 **ANTONIO-J.SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, MARÍA FERNANDA GUITIÁN GARRE, FÉLIX MATEOS REDONDO, ANA MARÍA LOSADA LIMA, ISRAEL PÉREZ VARGAS, NEREIDA RANCEL RODRÍGUEZ, JOSÉ YERAY SANTOS SANTANA, JUAN ANTONIO ÁLVAREZ RODRÍGUEZ**
Estudios geológicos, biológicos y físico-químicos para la conservación y restauración de la fuente de la plaza Weyler (Santa Cruz de Tenerife, España)
Estudos geológicos, biológicos e físico-químicos para a conservação e restauro da fonte na praça Weyler (Santa Cruz de Tenerife, Espanha)
Geological, biological and physical-chemical studies for the conservation and restoration of the fountain in Weyler Square (Santa Cruz de Tenerife, Spain)
- 63 **EMANOEL SILVA DE AMORIM, GIRLÂNDIA DE MORAIS SAMPAIO, LORENA VILA BELA COSTA, ALBERTO CASADO LORDSLEEM JÚNIOR, ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO, WILLAMES DE ALBURQUERQUE SOARES**
Mapeamento de danos como ferramenta na manutenção do patrimônio arquitetônico: o caso do Mercado Eufrásio Barbosa
Damage mapping as a tool in the maintenance of architectural heritage: the case of Eufrásio Barbosa Market
- 78 **MARÍA ÁVILA RODRÍGUEZ, SÓNIA SANTOS GÓMEZ**
Aplicación de tecnologías 3D para reproducciones museísticas: el cráneo de *Homo naledi* del MNCN
Aplicação de tecnologias 3D para reproduções museológicas: o crânio de *Homo naledi* do MNCN
Application of 3D technologies for museum reproductions: the skull of *Homo naledi* from the MNCN
- 93 **ÉLIA ÉLIA ROLDÃO, SUSANA FRANÇA DE SÁ, ALEXANDRA PINTO RODRIGUES, EMÍLIA TAVARES**
Decision-making process and restoration work of a photographic-based artwork by Ernesto de Sousa
Tomada de decisão e intervenção numa obra de arte fotográfica de Ernesto de Sousa

113 ALAZNE PORCEL ZIARSOLO



Plastics in fashion: a review of plastic materials in modern and contemporary costume collections and their conservation

Plásticos na moda: uma revisão dos materiais plásticos usados em coleções de moda moderna e contemporânea e a sua conservação

Caracterización de materiales en fotografías a la albúmina del álbum de memorias de Calouste Sarkis Gulbenkian

Caracterização material de fotografias em albumina no álbum de memórias de Calouste Sarkis Gulbenkian

Materials characterization of albumen prints from Calouste Gulbenkian's memories album

ALBA GUERRERO ^{1*} 
JOANA SILVA ² 

1. Universidad de Murcia, Calle Santo Cristo, 1 30800 Lorca Murcia, España

2. NEON Art Conservation, Madan Parque, Rua dos Inventores, 2825-182 Caparica, Portugal

**alba.guerrero@um.es*

Resumen

La presente investigación recoge los resultados del proceso de caracterización y análisis científico aplicado sobre un álbum de memorias con fotografías a la albúmina de finales del siglo XIX del coleccionista de arte Calouste Sarkis Gulbenkian. El estudio se ha realizado a través de diferentes técnicas analíticas como microscopia óptica (MO), micro-fluorescencia de rayos X combinada con energía dispersiva (ED-XRF), espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), micro-espectroscopia Raman (μ -Raman) y micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (μ -FTIR). El uso de diferentes técnicas complementarias ha permitido obtener información importante sobre este álbum así como el reconocimiento de los componentes orgánicos e inorgánicos de las fotografías, su estado de conservación, su manufactura y una aproximación a la datación histórica y compilación del objeto en cuestión.

Resumo

A presente investigação reúne os resultados do processo de caracterização e análise científica realizada a um álbum de memórias com fotografias em albumina dos finais do século XIX, pertencente ao colecionador de arte Calouste Sarkis Gulbenkian. O estudo baseou-se em diferentes técnicas analíticas, tais como a microscopia ótica (MO), a micro-fluorescência de raios X com energia dispersiva (ED-XRF), a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier em modo de refletância total atenuada (ATR-FTIR), a micro-espectroscopia Raman (μ -Raman) e a micro-espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (μ -FTIR). O uso destas diferentes técnicas, complementares, permitiu obter informação importante sobre este álbum, tendo-se identificado alguns compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas fotografias e o seu estado de conservação, recolhido dados sobre a sua manufactura e tendo-se feito uma aproximação à sua datação histórica.

Abstract

The present investigation gathers the results of the characterization and scientific analysis of a memories album with albumen prints from the end of the 19th century, belonging to the art collector Calouste Sarkis Gulbenkian. The study has focused on different analytical techniques, such as optical microscopy (OM), energy dispersive X-ray micro-fluorescence (ED-XRF), Fourier transform infrared spectroscopy with attenuated total reflectance (ATR-FTIR), Raman microspectroscopy (μ -Raman) and Fourier transform infrared microspectroscopy (μ -FTIR). The use of these different and complementary techniques allowed us to collect important information about this album, namely some organic and inorganic components present in the photographic prints and its conservation condition, data about its manufacture and to make an approximation to its historical dating.

PALABRAS-CLAVE

Albúminas
Álbum
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

PALAVRAS-CHAVE

Albuminas
Álbum
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

KEYWORDS

Albumen prints
Album
Calouste Gulbenkian
ED-XRF
FTIR
Raman

Introducción

Calouste Sarkis Gulbenkian (1869-1955) fue un empresario y coleccionista de arte de origen armenio pionero en el sector del petróleo en Oriente y Europa. Además de ser un gran filántropo y una persona hábil y astuta en los negocios, también estaba muy concienciado con las causas sociales y la cultura en general. Su interés por el arte se manifiesta desde su juventud temprana y es a partir de finales del siglo XIX cuando comienza a reunir una importante selección de antigüedades y obras de arte con las que se introduce en el estudio del patrimonio histórico-artístico y el coleccionismo. Tras su muerte su legado permanecerá en Portugal, el país que acogerá su última residencia y en donde se creará la Fundación Calouste Gulbenkian para continuar con las voluntades que dejará en testamento. Así, su colección de arte consta de unos 6440 objetos de diversas tipologías entre los que se encuentran obras de pintura y escultura de grandes maestros como Van Dyck, Rembrandt, Rubens, Rodin, Monet y Renoir, entre otros; y de objetos y antigüedades desde la época de Mesopotamia hasta prácticamente el siglo XX. Otra de sus grandes pasiones fueron los libros, y de esta pasión bibliófila y su interés por documentarse sobre arte y cultura destaca también su gran biblioteca y patrimonio documental. Este otro corpus está compuesto por elementos como libros de coleccionista, ediciones limitadas, catálogos sobre geografía, historia y museos, ilustraciones, postales y guías de viaje [1].

Dentro de este abundante acervo documental que también reúne en vida, el patrimonio fotográfico del coleccionista ha sido menos estudiado y es menos conocido que el artístico. La mayor parte de objetos relacionados con la fotografía se conservan en la sede principal de la Fundación en Lisboa. Entre la variedad de materiales fotográficos que Gulbenkian recopiló desde su juventud, existen múltiples elementos que van desde el último tercio del siglo XIX hasta mediados de la década de 1950: álbumes, libros ilustrados, fotografías, reproducciones de arte y algunos artefactos como una cámara y un estereoscopio-grafoscopio.

El caso de estudio propuesto fue desarrollado dentro del proyecto de conservación e investigación de estos fondos fotográficos [2]. Se trata de uno de sus álbumes de memorias, con temáticas relacionadas con el viaje y el turismo cultural en auge a finales del siglo XIX. Las fotografías que lo componen muestran una serie de imágenes de Europa, Medio Oriente y el Cáucaso relacionadas con el arte, el patrimonio cultural, etnográfico e industrial de estos lugares que el coleccionista visitará o por los que se interesaría en determinado momento [3]. El ejemplar pertenece al Archivo de la Fundación Calouste Gulbenkian, que junto al resto de sus documentos personales el propio coleccionista llevó consigo hasta su última residencia en el desaparecido Hotel Aviz de Lisboa.

Este álbum de memorias consta de 116 copias, aparentemente a la albúmina. El proceso de copias fotográficas a la albúmina sobre papel fue presentado por primera vez en 1850 por Blanquart-Evrard en la Academia Francesa de Ciencias, y tuvo su auge desde 1855 hasta 1900 [4]. Las fotografías a la albúmina fueron el proceso dominante durante la segunda mitad del siglo XIX. La evolución de la industria, que se iba adaptando a las necesidades de los procesos y de los fotógrafos, también contribuyó a este crecimiento. En cuanto a su materialidad, se compone básicamente de dos capas: un soporte de papel y una emulsión fotosensible de aglutinante de albúmina con una sal de plata o haluro, el cloruro de plata (AgCl). Por su fragilidad, estas solían montarse en soportes secundarios de cartón o en álbumes debido al poco espesor del papel utilizado y su tendencia a curvarse [5].

Con respecto al soporte y al papel fotográfico utilizado, en los inicios del proceso el recubrimiento de albúmina se hacía de forma artesanal y a partir de la década de 1860 aparecen los primeros papeles industriales [6]. Posteriormente, en el proceso de manufactura de los papeles los fabricantes comerciales añadieron la posibilidad de realizar un doble recubrimiento o doble albuminado para aportar más brillo, así como la tinción de la albúmina con colorantes y anilinas que aportaban color al papel y la imagen, publicitándose entre otros nombres como “papeles doble albuminados esmalte”. Estos colores se utilizaron para dar una tonalidad

generalizada y modificar el aspecto, pero sobre todo para contrarrestar el amarilleamiento de las copias [4, 7-8]. Los más utilizados fueron el azul, el rosa pálido y el malva. Para realizar una copia positiva a la albúmina primeramente se cubría el papel con clara de huevo que había sido batida, reposada y mezclada con cloruro de sodio o amonio y ácido acético [9]. Una vez seco, el papel se sumergía en un baño de nitrato de plata y después se secaba. Así, el soporte quedaba sensibilizado y el positivo se obtenía por ennegrecimiento directo al “copiarse” la imagen en el papel por contacto con el negativo expuesto a la luz durante varios minutos. Una vez que la copia positiva había sido procesada a través del fijado, aclarado y lavado, era habitual dar un baño de virado. El viraje incluía un segundo procesado, comúnmente realizado con metales nobles como oro, platino y paladio, aunque hay gran variedad de fórmulas que empleaban otros agentes químicos, por ejemplo, el azufre. Además de modificar e intensificar los tonos de la imagen la protegía y mejoraba su estabilidad, pues los compuestos y metales que se empleaban eran menos susceptibles al deterioro que la plata. También fue común el bruñido de la copia para dar un acabado brillante y el uso de barnices y otros recubrimientos o pigmentos para su coloreado.

La caracterización de materiales y los estudios sobre ciencias del patrimonio aplicados a la fotografía, dada la novedad de esta especialidad con respecto a otras disciplinas, son menos frecuentes. Sin embargo, en los últimos años, la conservación del patrimonio fotográfico está experimentando un notable auge y un creciente número de investigaciones en el ámbito científico. Desde su corta historia, los estudios más relevantes acerca de las copias fotográficas a la albúmina fueron los desarrollados a finales de 1980 por James Reilly [6, 10-11], a través del George Eastman Museum y el Image Permanence Institute, y en la década de 1990 por Messier y Vitale [12-13]. Actualmente, existen investigaciones importantes desde instituciones norteamericanas como el Getty Conservation Institute, de la mano de científicos como Stulik y Kaplan que han aportado a las investigaciones espectros de referencia sobre la composición de estos materiales y su datación estimada [7, 14-15] y otros estudios más recientes de autores que han aplicado diferentes técnicas analíticas para la caracterización y el diagnóstico en albúminas de colecciones patrimoniales [16-19], obteniendo resultados prometedores y desarrollando metodologías eficaces para la identificación de capas y componentes [20-21].

Al igual que en otras áreas del patrimonio, las técnicas más utilizadas en fotografía son la micro-fluorescencia de rayos X y la espectroscopia de infrarrojo. La micro-fluorescencia de rayos X es una técnica de análisis que tiene muchas ventajas en el estudio de fotografías ya que es no destructiva, sin contacto, rápida, puede realizarse in situ y aporta gran precisión [22]. Este sistema realiza un análisis multi-elemental simultáneo en el rango del Na (11) hasta U (92), permitiendo detectar principalmente materiales y compuestos inorgánicos [23-24]. Cuando la fluorescencia se combina con energía dispersiva de rayos X se adquiere una mayor precisión [25]. Los resultados permiten determinar parte de la composición y alteraciones: metales formadores de la imagen, agentes viradores, aditivos, componentes de los papeles, etc. [26]. Así, es posible conocer los elementos químicos presentes tanto en el soporte como en la emulsión fotográfica [27]. La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier se utiliza principalmente para identificar compuestos orgánicos. Para el análisis se requiere una micromuestra (micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier) o el modo de Reflectancia Total Atenuada (ATR), por el cual es posible analizar un objeto sin necesidad de muestreo por contacto directo del aparato con la zona a analizar [23]. Este análisis permite obtener información relevante, particularmente en la caracterización de aglutinantes, barnices o capas, y otros compuestos como sustancias colorantes [19, 23]. Raman es una técnica ampliamente utilizada en patrimonio para caracterizar e identificar pigmentos, compuestos orgánicos e inorgánicos [28]. También es usado como método complementario, para tratar de completar la información recogida con la espectroscopia de infrarrojo. En fotografías, es un tipo de análisis menos explorado pero que está aportando buenos resultados a las investigaciones como complemento a otros instrumentos para la caracterización [28-29].

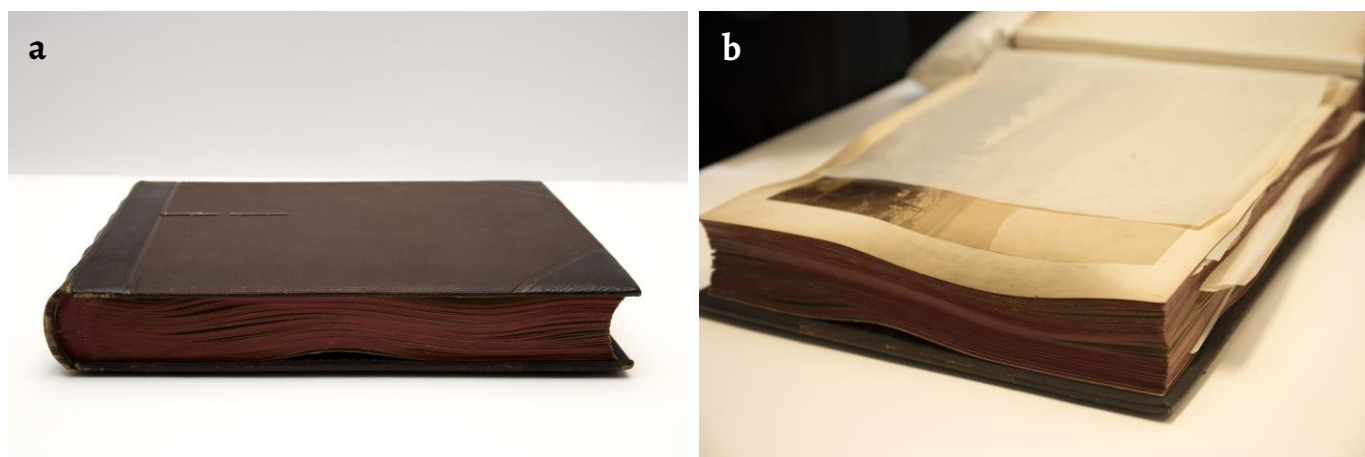


Figura 1. Vista general del álbum de memorias de Calouste Gulbenkian. En A, encuadernación y álbum cerrado, 26 × 35 × 7 cm. En B, álbum abierto mostrando el interior del objeto y el estado de conservación. Fotografías: M. De Sousa, I. Domingues – Fundação Calouste Gulbenkian.

Acerca del caso de estudio concreto, no había apenas documentación histórica sobre el álbum en cuestión, por lo que tampoco existían referencias de que el objeto hubiera sido investigado o restaurado con anterioridad. A continuación, puede observarse el álbum en su estado original, previo al diagnóstico (Figura 1). En el marco de un proyecto para su conservación, investigación y puesta en valor, se llevaron a cabo estos análisis científicos para la caracterización y obtención de información acerca de datos histórico-artísticos, técnicas, materiales, procedimientos y estado de las fotografías que lo componen. Para ello, se recurrió al uso de microscopía óptica (MO), micro-fluorescencia de rayos X combinada con energía dispersiva (ED-XRF), espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier en modo de reflectancia total atenuada (ATR-FTIR), micro-espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (μ -FTIR) micro-espectroscopia Raman (μ -Raman).

Materiales y métodos

Muestreo

Para la caracterización del álbum se realizó una selección de 5 fotografías -nº 8, 9, 15, 49 y 62- en base a criterios fundamentados en las características de estas: tonalidades que hacían pensar en la posibilidad de virados, posibles colorantes o tintes en algunos papeles fotográficos, imágenes de conocidos fotógrafos de la época y estado de conservación (Tabla 1).

Además, se intentó que las muestras representasen a nivel de iconografía los distintos escenarios históricos y geográficos empleados para la compilación del álbum, tratando de dar presencia a ejemplos de fotografía europea, oriental y caucásica. Al mismo tiempo esta selección, limitada en cuanto al número de fotografías a analizar, también se realizó teniendo en cuenta problemáticas específicas como el tamaño del objeto en relación con el tamaño de los equipos a utilizar y las restricciones temporales relativas al periodo de permanencia de los álbumes en los laboratorios. La propia estructura del objeto no permitía el análisis en cualquier página puesto que en algunos casos era físicamente imposible y complejo realizar la caracterización con los aparatos de instrumentación científica *in situ*, al ser un ejemplar demasiado grande (Figura 2). Estos condicionantes fueron tenidos en cuenta en la fase de muestreo y selección de las fotografías que serían parte del estudio. Con todo ello, se asume que la muestra no es representativa del álbum pero los análisis han permitido llegar a algunas conclusiones sobre las características y la materialidad del objeto y las fotografías que lo componen.

Tabla 1. Cuadro de fotografías seleccionadas para muestreo y análisis.






Muestra fotografía	Medidas	Autor	Título y lugar	Breve descripción y observaciones
Foto n° 8 	25×20 cm	Atribuída a F. Orden (Ф.Орден.1897)	“Abazin woman” (título atribuido en otras colecciones)	Imagen que, aunque ligeramente amarilleada, posee estabilidad. Valorar la posibilidad de virado fotográfico y estudiar su morfología y superficie.
Foto n° 9 	22×27 cm	Atribuída a D. Ermakov	Zona Transcaucasia. Tiflis (Georgia)	Papel con ligera tonalidad rosada apreciable en zonas de luz, con marca de agua B.F.K. Rives. Valorar la posibilidad de papel pre-tintado albuminado de manufactura o algún virado.
Foto n° 15 	18,5×24 cm	Desconocido	Vistas de Bakú	Imagen amarilleada por envejecimiento de albúmina, con un papel con ligera coloración. Se necesita comparar con otras que aparenten presentar colorantes o tintes.
Foto n° 49 	20×25 cm	Edizioni Brogi	“MILANO. La Cattedrale”	Gulbenkian tuvo contacto con el estudio de Brogi hacia 1900. En este caso, la fotografía presentaba una tonalidad malva y púrpura que podría deberse a un virado y/o a un papel albuminado pre-tintado.
Foto n° 62 	19×26 cm	Desconocido	Desconocido	Ejemplar singular en el álbum, ya que está coloreada para aparentar un efecto nocturno, con un colorante azul. Es necesario conocer el colorante y su estabilidad para determinar su sensibilidad y mejorar sus condiciones de conservación.


Figura 2. Álbum siendo preparado para el análisis con μ -Raman en una fotografía coloreada. Fotografía: A. Guerrero.

Técnicas analíticas

Para la investigación de las fotografías de este ejemplar, tan representativo y singular para la institución a la que pertenece, se llevaron a cabo los diferentes métodos de análisis científico mencionados, empleados frecuentemente en patrimonio cultural y fotográfico: espectroscopia ED - μ XRF, ATR-FTIR, μ -FTIR y μ -Raman. La caracterización previa con un microscopio óptico Zeiss Axioplan 2 Imaging con cámara de alta resolución posibilitó el estudio de la superficie del material y la obtención de micrografías donde se puede observar el estado de la capa aglutinante y las fibras del papel soporte, de cara a la identificación y a un futuro diagnóstico de estado de conservación del ejemplar.

Con el objetivo de obtener información elemental, para el experimento se empleó un espectrómetro μ -FRX, ArtTAX EDXRF (Intax GmbH), equipado con ánodo de molibdeno (Mo), detector Xflash y con lente policapilar con resolución espacial de 70 μ m. Las condiciones de adquisición de los espectros fueron 600 μ A, 40 Kv, ~150 s., en atmósfera de helio. Se realizaron como mínimo tres puntos de análisis por cada imagen en diferentes localizaciones: en zonas de altas luces o densidad mínima - D_{min} , y en zonas de sombra o densidad máxima - D_{max} , con el fin de determinar los elementos presentes en la imagen y el soporte de las copias fotográficas. Para facilitar la lectura de los resultados, y dado que no se contaba con información relevante a partir de 10 KeV, solo se presentan en los espectros aquellos obtenidos en el rango espectral entre 1 y 12 KeV.

Para la identificación del aglutinante o capas utilizadas en estas fotografías, compuestos orgánicos y añadidos como colorantes y acabados, se realizó un análisis no destructivo con espectroscopia de infrarrojos por Transformada de Fourier en modo de Reflectancia Total Atenuada (ATR-FTIR). Esta técnica permite analizar un objeto sin necesidad de muestreo y, acoplado el objetivo ATR a un microscopio IR, se obtuvieron imágenes que revelaron información sobre la distribución de los grupos orgánicos, al asociar un color a cada banda de absorción característica [19]. Se utilizó un aparato portátil Agilent 4300 en modo ATR. Los espectros se adquirieron con una resolución de 8 cm^{-1} y 32 barridos antes de la transformada de Fourier. Se realizaron mediciones en diferentes zonas de cada fotografía, en D_{min} y D_{max} . Los resultados se compararon principalmente con los estudios publicados por los científicos del Getty Conservation Institute, Stulik y Kaplan [7, 14-15], cuyo riguroso método de investigación analítica sirvió de referencia a la hora de interpretar los espectros obtenidos en las fotografías analizadas del álbum de Calouste Gulbenkian.

Con el propósito de determinar su coloración, la fotografía nº 62 fue analizada por micro-espectroscopia de infrarrojos por Transformada de Fourier (μ -FTIR), utilizando un espectrómetro Nicolet Nexus. Se tomó una micromuestra de una fibra de papel, aparentemente coloreada, que fue comprimida y analizada en una celda de diamante. Los espectros se adquirieron en modo de transmitancia, empleando 64 barridos y 4 cm^{-1} de resolución. Para la identificación y comparación del resultado de la toma de muestra se recurrió a distintas bases de datos espectrales como la del Infrared and Raman User Group - IRUG [30], CAMEO Materials Database [31] y Colourlex [32].

Como método complementario, se realizaron análisis de espectroscopía μ -Raman para tratar de completar la información recogida con la espectroscopía de infrarrojo. En este caso se utilizó un aparato μ -Raman LabRam 300 Jobin-Yvon con microscopio confocal Olympus BX41 y láseres a 633 nm y 785 nm. Se emplearon diferentes condiciones de adquisición, variando el tamaño del área del láser incidente en las fotografías, el tiempo y el número de adquisiciones. El láser se centró en las capas de las diferentes fotografías, utilizando objetivos a 10 \times y 50 \times , tratando de averiguar cual permitía una mayor señal. Todos los espectros obtenidos con las diferentes técnicas son presentados sin correcciones.

Resultados y discusión

Las imágenes obtenidas con la microscopía permiten observar el sustrato de papel y evidencian la aplicación de la emulsión fotográfica directamente sobre las fibras, posibilitando el estudio de la superficie y su estado de conservación con mayor aumento (Figura 3). La microscopía corrobora que se trata de un proceso de dos capas -soporte y aglutinante sensibilizado- y se descarta la presencia de una tercera como la de sulfato de bario, presente en otros procedimientos fotográficos más modernos. Por otro lado, se han podido observar fisuras y diversos patrones de craquelado a nivel de la capa de albúmina. Referente al deterioro y el envejecimiento de este tipo de positivos fotográficos, las investigaciones de Mesier y Vitale ya señalaban hace unas décadas el origen de estas alteraciones que formaban patrones lineales y fractales, verificando la baja higroscopicidad del proceso [12-13]. De este modo, la naturaleza del aglutinante incide en que el exceso de humedad sea una de las principales causas de estas fracturas observadas en las albúminas, en donde el número de grietas puede aumentar cuando estas se someten a cambios bruscos de humedad o tratamientos acuosos [13].

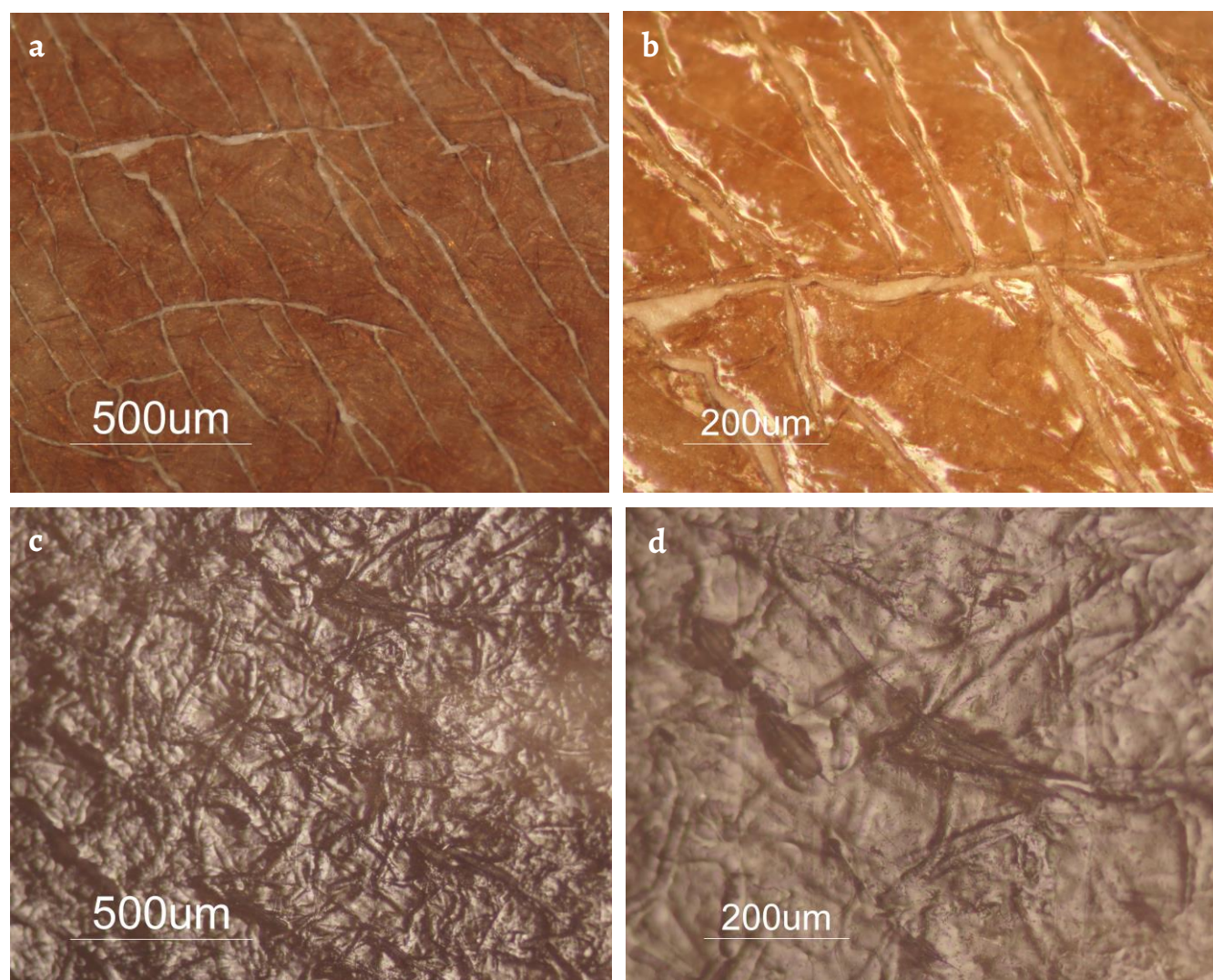


Figura 3. Imágenes de microscopio óptico tomadas en la fotografía n° 9: a) zona donde se aprecia el craquelado, con luz polarizada; b) patrón de craquelado a mayor aumento, con campo claro; c) y d) área donde se aprecia la morfología superficial y las fibras del papel de soporte, en campo oscuro.

La comparación de los espectros ED- μ FRX de una zona de densidad máxima de cada una de las fotografías (Figura 4), ha permitido verificar que los elementos formadores de la imagen en los materiales fotográficos suelen encontrarse en cantidades mas pequeñas a diferencia de los presentes en los soportes, los cuales se pueden apreciar en los picos mas intensos de Ca, Fe y Zn presentes en todas las muestras y asociados al papel junto con el Mn [15]. Como se evidencia en estos materiales, se constata que las zonas de altas luces o densidad mínima -D_{min}- están representadas por picos de menor intensidad, ya que presentan notablemente una menor cantidad de Ag que las de máxima densidad -D_{max}-. Esto es debido a que la plata se acumula y fija en las zonas más expuestas -las sombras- al igual que el resto de materiales formadores de la imagen [15-17]. En esta interpretación cualitativa también se hallaron metales como Au y otros componentes como S, Ca, Fe, Cu, Zn, Pb, Ba, Mn. En el caso del metal noble, dos de las muestras analizadas, la n° 15 y la n° 49, evidenciaron la presencia de este elemento empleado para el virado al cloruro de oro.

El azufre, componente que aparece también en todas las fotografías analizadas, puede atribuirse a varias causas: la sulfuración de la plata, la presencia en la albúmina de aminoácidos que contienen azufre o en la composición del soporte primario o secundario [33]. El zinc, aunque es un metal, no aparece en la fotografía como un elemento de la imagen o agente virador, sino que aparece en picos intensos como componente del soporte, ya que se empleaba para el blanqueamiento del papel en la época y también como pigmento blanco -ZnO- en algunos materiales tintados o colores para el retoque [34]. Otros elementos que pueden estar relacionados con la composición del papel como Ca, Cu, Mn, Pb, Fe, Zn se encuentran en una cantidad ligeramente mayor en las zonas de D_{min}, lo que podría determinar que pertenecen al soporte. La presencia de Mn y Fe en los espectros puede asociarse a otros componentes, cargas y colorantes de los soportes secundarios, al igual que Ca y Ba, o a impurezas como Pb [35]. La cantidad de Fe es semejante en casi todos los espectros, por lo que este parece estar relacionado con el sustrato del soporte y no con el medio empleado para el coloreado azul de la imagen.

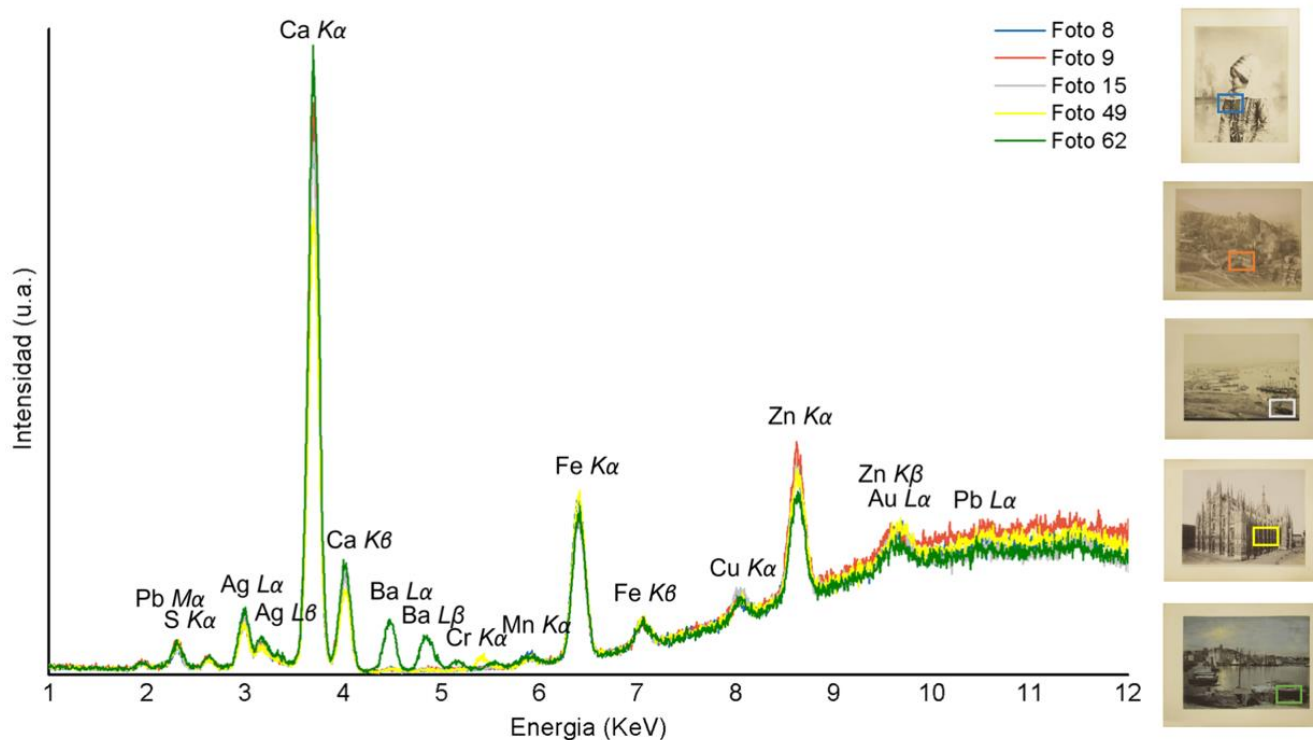


Figura 4. Espectro de ED- μ FRX de un área D_{max} de cada muestra analizada.

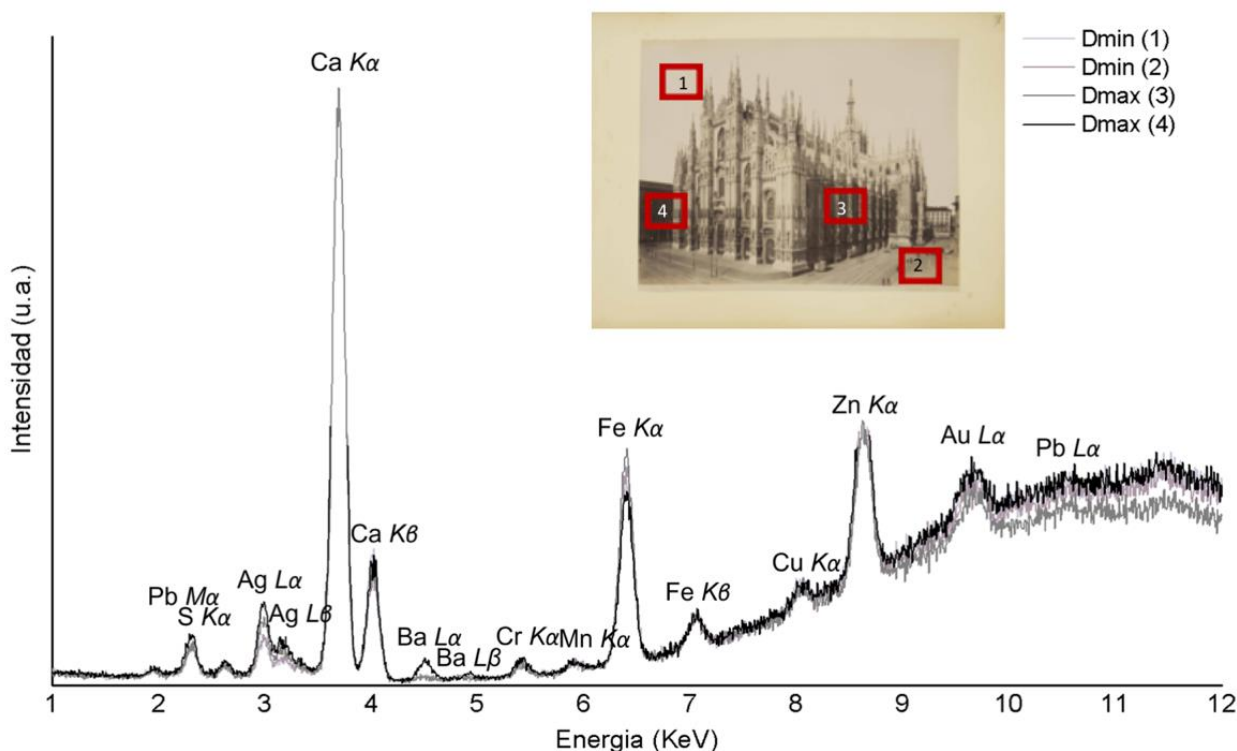


Figura 5. Espectro de ED-FRX de la fotografía nº 49 en áreas D_{min} y D_{max} .

La fotografía nº 49 mostró espectros y rasgos similares, aunque con algunas variaciones (Figura 5). En una cantidad pequeña, aparece representado en el espectro un pico de baja intensidad correspondiente a Au en las zonas de D_{max} , lo que corrobora que la imagen fue virada al oro, un proceso que resultó habitual en las albúminas a partir de la década de 1860 [36]. Los metales y elementos empleados como agentes viradores de las imágenes fotográficas aparecen en los análisis en cantidades muy pequeñas, ya que las proporciones empleadas en los baños de virado solían ser muy bajas, por lo que en ocasiones puede resultar difícil su detección [15, 36]. La tonalidad general de esta imagen es particular como consecuencia de los efectos del virado y, quizás, porque pudo ser realizada sobre un papel a la albúmina pre-tintado, matiz que puede apreciarse en zonas de altas luces en el color uniforme de la superficie ligeramente malva. Además, destaca la presencia de un elemento menos característico y que no está presente en las otras muestras, el Cr. Este es un elemento que en fotografías se encuentra en procesos a las sales de cromo, pero también como colorante en papeles, como componente de anilinas y en imágenes coloreadas a mano [14], por lo que su presencia podría deberse al uso de un papel a la albúmina tintado.

En la fotografía coloreada manualmente, la nº 62 del álbum, se aprecia un tono general azulado para recrear el ambiente de una escena nocturna, una técnica que utilizaron algunos fotógrafos ya en el siglo XIX. Su espectro presenta variaciones significativas en la cantidad y presencia de Ba, en donde este pico destaca con respecto al resto de fotografías, tal y como puede observarse en la comparativa realizada en una zona de D_{max} de cada una de las muestras –en verde- y en los espectros obtenidos de la propia fotografía en áreas de densidad mínima tomadas en el área de la luna –en amarillo-, del fondo azul y en una zona de sombra o densidad máxima (Figura 6).

Sin embargo, este pico no es muy pronunciado, por lo que el bario aparece en pequeña cantidad y no se puede asociar a una capa preparatoria de sulfato de bario o barita en el papel fotográfico, porque de ser así el pico en el espectro sería más intenso y podría ir acompañado de otros elementos como el estroncio. En este caso, su presencia podría justificarse en un papel

de manufactura diferente al resto presentándose como componente, carga o blanqueante en el sustrato, o bien, como parte del medio empleado para la coloración de la fotografía. De este modo, existe la probabilidad de que el pigmento, tinte o anilina azul pudiese contener este elemento en su composición. Algunos pigmentos inorgánicos, como el blanco de bario -BaSO₄-, además de uso como cargas en papeles se han empleado también en mezclas con otros colores para producir tintes o para mejorar las propiedades de trabajo de la tinta. Incluso en la fabricación de lacas también se ha usado como sustrato para precipitar colorantes [17], lo que nos acercaría a la hipótesis de que el sistema de color aplicado fuese una laca o anilina y no un pigmento.

Otro elemento a destacar, el Cr, se encuentra de forma excepcional en la fotografía n° 49 y podría ser indicador de un tinte malva en el papel albuminado con cromo en su composición, pues muchos de los colorantes y anilinas sintéticas producidas a partir de mediados del siglo XIX empleaban agentes químicos como dicromato de potasio y óxidos de cromo [37-38].

En los análisis ATR-FTIR realizados en diferentes zonas en D_{min} y D_{max} se detectó la presencia de un medio aglutinante proteico que puede identificarse mediante el pico espectral del grupo Amida I, a ~1632 cm⁻¹ y el pico de Amida II, alrededor de ~1518 cm⁻¹ (Figura 7).

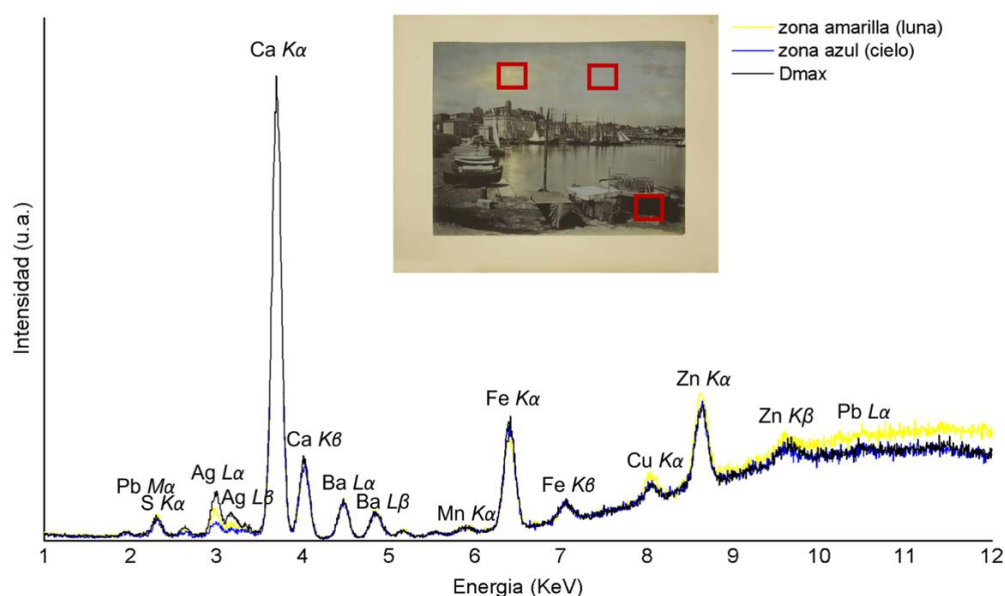


Figura 6. Espectro de ED-FRX de un área D_{max} de cada muestra analizada.

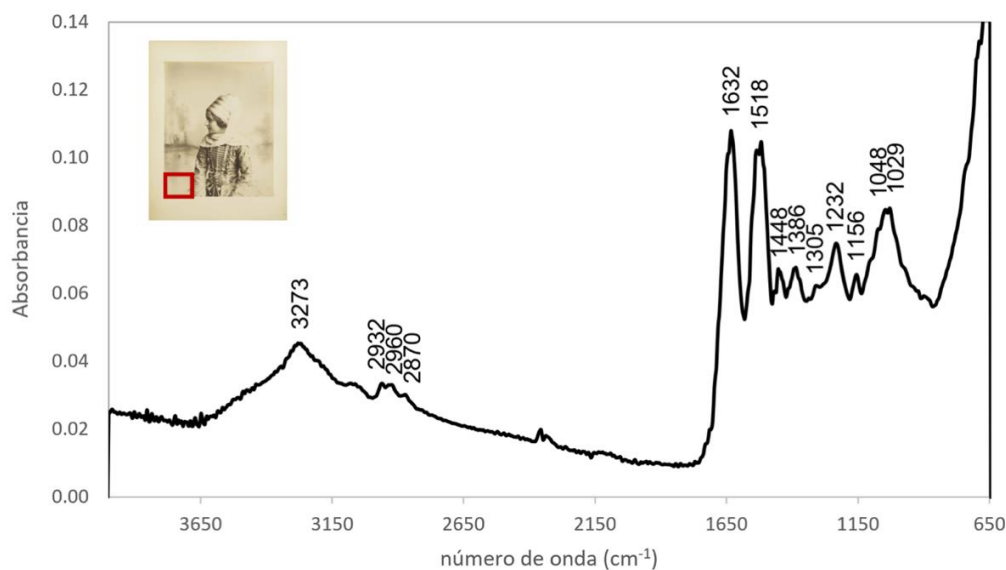


Figura 7. Espectro de ATR-FTIR de la fotografía n° 8.

Estos dos picos espectrales son característicos de varias proteínas diferentes, como la gelatina, la albúmina o la caseína y es posible diferenciarlas e identificarlas si se presta atención al número de picos y a su intensidad. En albúminas se deben tener en cuenta las regiones espectrales entre 1450 y 1800 cm^{-1} [20]. En este caso, los espectros obtenidos mostraban dos picos comunes de este proceso de aproximadamente la misma intensidad, a 1448 y 1386 cm^{-1} , confirmando el uso del mismo para el procesado de las imágenes del álbum. Así, los resultados al análisis proporcionaron información sobre el material orgánico principal del que se compone el proceso, el aglutinante de albúmina, cuya lectura espectral y detección en todas las muestras señalan su indudable presencia.

La similitud obtenida en todos los casos comparados concluye sin encontrar variaciones significativas entre sus picos espectrales (Figura 8), pudiendo señalar probablemente que todas las fotografías son de la misma época o de décadas consecutivas, ya que no se han encontrado tampoco otras variantes del proceso. Siguiendo el método de interpretación propuesto por Stulik y Kaplan [7, 15], y prestando atención a los picos espectrales correspondientes al sustrato celulósico alrededor de 1020 cm^{-1} , la fotografía más antigua podría ser la nº 15 que muestra la bahía de la ciudad de Bakú. Su espectro es el que posee un pico más intenso en este rango y, por lo tanto, la señal de la celulosa se muestra con mayor intensidad y menos enmascarada por el aglutinante. Esta diferencia con el resto determinaría que su capa de albúmina es la más delgada, característica propia de épocas más tempranas del proceso. Del mismo modo, la capa de albúmina de mayor grosor sería la de la fotografía nº 9, característica de aquellos papeles más industrializados, los doblemente albuminados y los pre-tintados.

El objetivo del análisis Raman en las fotografías era la detección de pigmentos, tintes y colorantes en soportes y fotografías para complementar los resultados tras la caracterización previa mediante ATR-FTIR y ED- μ FRX. Sin embargo, la complejidad, estado de conservación y tamaño del objeto fueron motivo de limitaciones a la hora de obtener resultados. En las fotografías nº 8, 9, 15 y 49 no fue posible obtener buenos espectros con μ -Raman. Esto pudo ocurrir por varias causas: la topografía superficial irregular, el deterioro dimensional de las páginas, interferencias creadas por la fluorescencia y envejecimiento del propio aglutinante, escasa cantidad de materia diluida empleada para el tizado [21], y otros condicionantes mencionados en cuanto al tamaño y manejo del álbum con el equipo utilizado, ya que solo se alcanzaban áreas de margen y resultaba complejo obtener espectros de otras zonas centrales. En este caso solo se consiguió un espectro que aportase información relevante de la fotografía nº 62. Se obtuvo un espectro en un área cercana al margen superior de la imagen, en un punto en el que se detectó una micro laguna en la emulsión, utilizando el láser a 785 nm para la excitación de bandas.

Por otro lado, en la espectroscopía μ -Raman, los pigmentos pueden encontrarse por debajo de la detección límite de la técnica cuando están mezclados con otros elementos como materiales orgánicos, lo que podría generar algunos problemas para determinar la composición exacta [10-11, 29]. La estructura del álbum y el deterioro físico de las páginas, con una ondulación y deformación apreciable, no permitían que la superficie a analizar quedase completamente plana sin forzar la encuadernación, dificultando esto el enfoque del microscopio y del laser incidente, además de crear algunas interferencias que daban lugar a espectros muy pobres. También, el tamaño del objeto limitó los puntos de análisis con esta y otras técnicas, siendo solo posible en ocasiones acoplarlo en áreas de márgenes inferiores y superiores.

Los picos más relevantes obtenidos con Raman tras el análisis en la zona mencionada se encuentran en el espectro cercanos a 230, 250, 480, 590, 680, 750, 950, 1100, 1130, 1339, 1450, 1528 cm^{-1} . El espectro obtenido ofreció una fiabilidad alta con la ftalocianina azul. Sus bandas características surgen a un desplazamiento de $\sim 300 \mu\text{m}$ y su intensidad aumenta hasta su compensación, cerca de 800 μm [39], cuyo rango coincidiría con los picos más pronunciados, entre 600 y 800 μm (Figura 9).

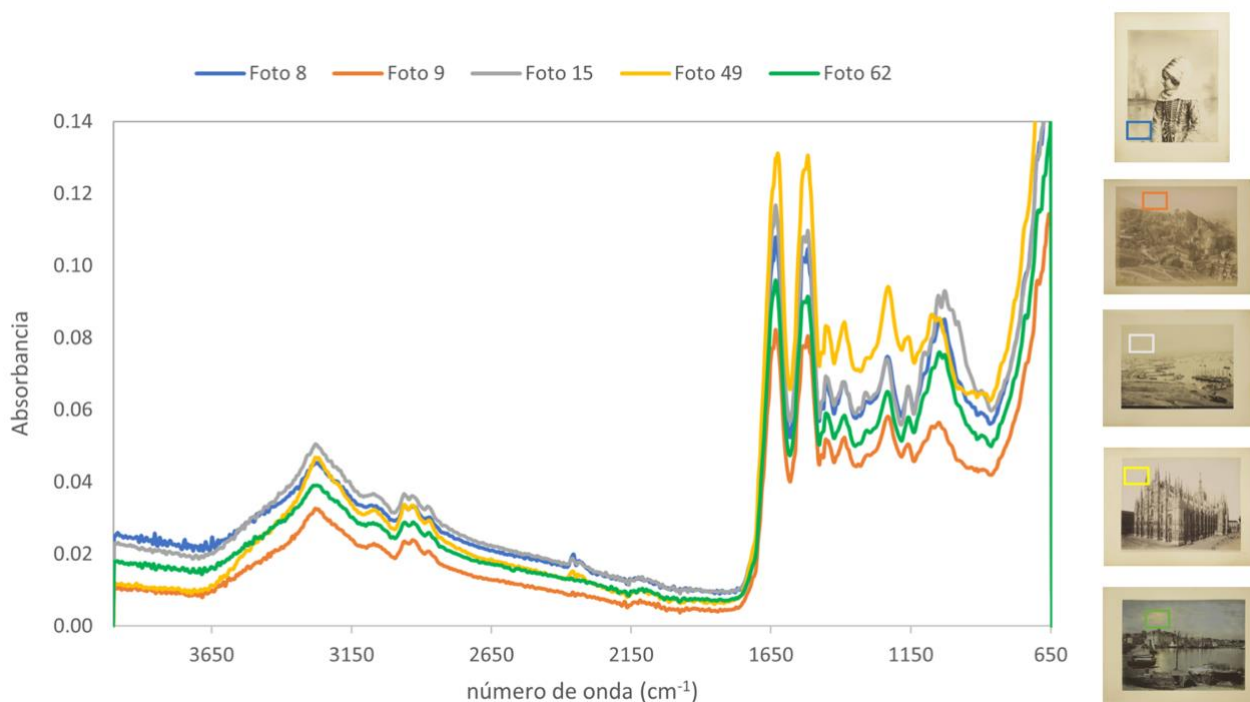


Figura 8. Comparativa de espectros de ATR-FTIR de cada una de las muestras analizadas.

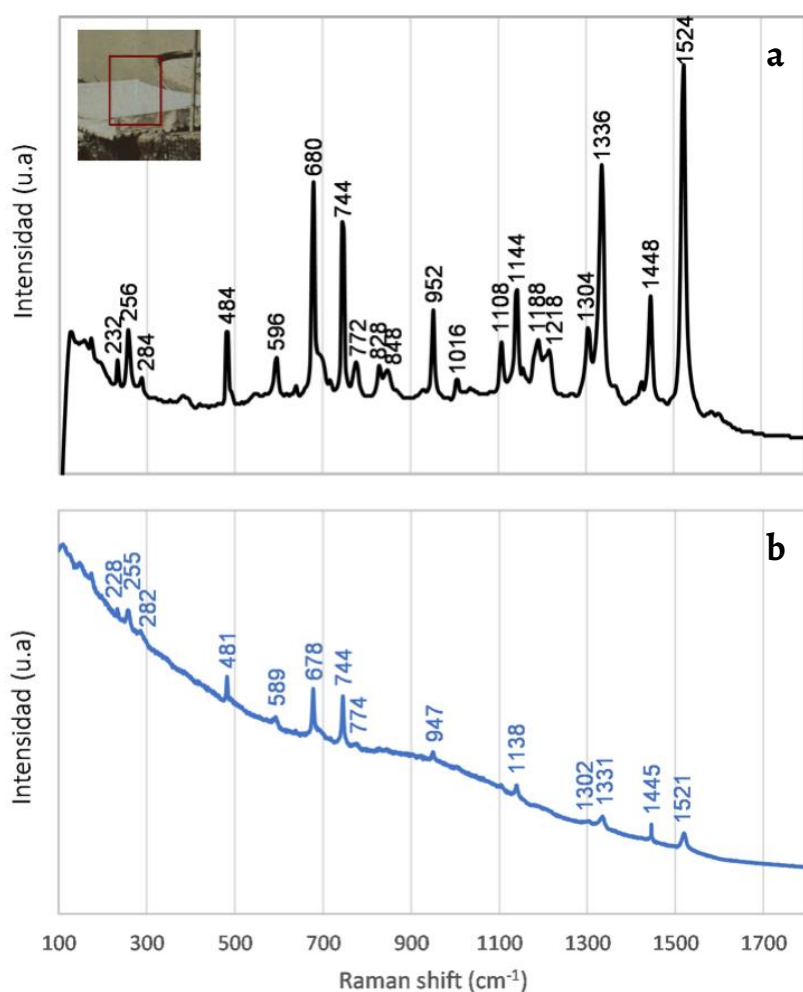


Figura 9. Comparativa de espectros Raman: a) detalle de zona analizada con coloración azul en la fotografía n° 62 junto a espectro; b) referencia del azul de ftalocianina.

La ftalocianina es un colorante sintético cuyo elemento principal es el cobre, inventado a comienzos del siglo XX pero comercializado a partir de la década de 1930. Así, este dato no coincidiría con algunas hipótesis planteadas sobre la fotografía e incluso con la propia cronología histórica del proceso, exceptuando que pudiera tratarse de un material añadido posteriormente. El espectro obtenido en la zona que presentaba una ligera pérdida de la imagen compatible con la ftalocianina azul podría determinar un uso de este como medio de coloración *a posteriori* o tratarse de un retoque o restauración póstuma. Al no haber conseguido resultados de otras áreas con los que realizar una comparativa, no es posible afirmar en este caso que se trate del colorante utilizado en la totalidad de la superficie de la fotografía.

Como alternativa y de forma excepcional, en la fotografía coloreada se realizó un análisis μ -FTIR a través de una micro muestra sólida, que fue tomada en una zona del margen de la fotografía donde la fibra del papel se encontraba visible y ligeramente descohesionada del soporte. En ocasiones, la identificación de componentes en estos materiales con este tipo de técnicas que requieren muestreo supone una gran dificultad. Por lo general, los ejemplares que están en buenas condiciones raramente se prestan a la toma de muestra por la delgadez de las capas del objeto y por lo destructivo que podría resultar para el mismo [29, 40]. Mediante este análisis se buscaba obtener más información sobre el soporte y sobre la técnica de coloreado que cubría aparentemente la fibra.

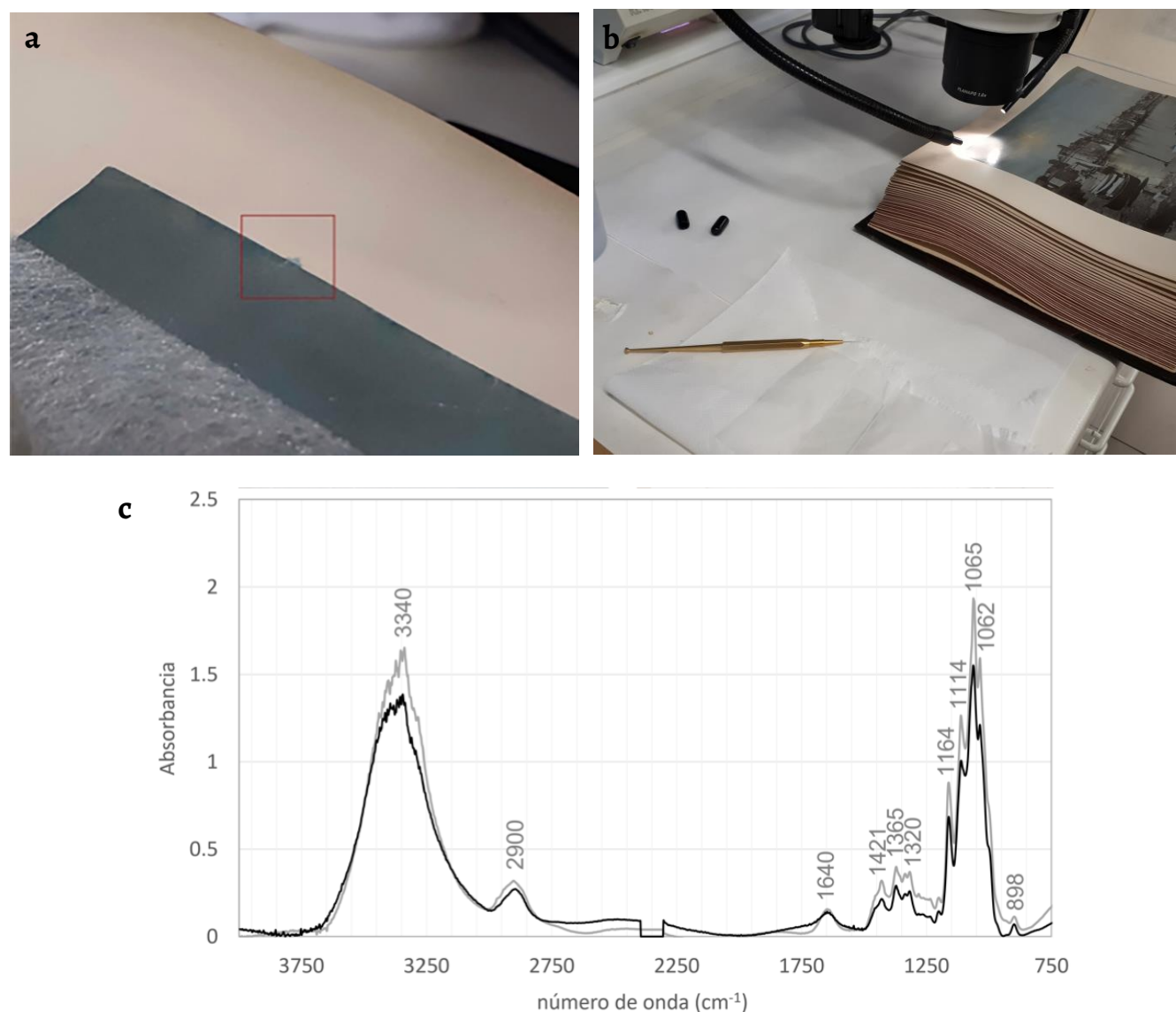


Figura 10. En a) y b), detalles de la zona descohesionada del margen y proceso de toma de muestra en la fotografía n° 62; c), espectro μ -FTIR en fibra extraída (espectro gris) y de una referencia de celulosa (espectro negro).

En el espectro obtenido puede apreciarse la presencia predominante de la celulosa en las bandas entre 4000-2995, 2900, 1430, 1375 y 900 cm^{-1} (Figura 10), ya que estas son conocidas por ser particularmente sensibles a su orden molecular [8]. También, se muestran las bandas de absorción características en la región de 1500-800 cm^{-1} , presentes tanto en fibras naturales como sintéticas, destacando en este caso los picos cercanos a 1425, 1155, 1105 y 1051 cm^{-1} asociados a las naturales. Además, la absorción de las bandas a 1105 y 1051 cm^{-1} son asignadas a los modos de estiramiento C-O-C asimétrico y simétrico, respectivamente, mostrándose de alta intensidad en fibras naturales a diferencia de en las sintéticas [8, 41]. En este caso, se muestra una alta compatibilidad con fibras de algodón. Así, el resultado corrobora las conclusiones de anteriores estudios que ya determinaron que en la manufactura de los papeles de alta calidad que se utilizaban para las albúminas y que eran realizados a base de pasta de trapos se emplearon fibras naturales como el algodón y el lino, [6, 10-11].

Sin embargo, no se detectó la presencia de otra sustancia que se pudiese asociar a la coloración del soporte. Con respecto a la obtención de información acerca de tintes y colorantes empleados en los papeles fotográficos a la albúmina y en el caso del coloreado manual de la fotografía n° 62, otros autores e investigadores consultados para la realización de este estudio también señalan las dificultades existentes para determinar químicamente cómo eran estas coloraciones y su composición, poniendo de manifiesto la limitación de algunas de estas técnicas para su identificación así como la influencia de otros factores como el estado de conservación y la fragilidad de los materiales [14, 33, 42]. A este respecto, Reilly (1978) ya apuntaba en sus primeras investigaciones sobre las albúminas que los tintes utilizados para estos fines eran notoriamente pobres en cuanto a su resistencia a la luz, especialmente cuando eran aplicados en formas muy diluidas, por lo que gran parte del papel albuminado teñido era difícilmente reconocible hoy en día porque la coloración se había perdido prácticamente [11].

Conclusiones

El estudio realizado con las distintas técnicas espectroscópicas evidenció que las fotografías presentaban cualitativamente una composición elemental similar, sin una variación muy significativa entre ellas. A nivel de imagen fotográfica se detectaron metales formadores como Ag y, en menor medida, Au. También, se ha descartado la presencia de capas adicionales como la barita o sulfato de bario, pues esta no se observa a través de la microscopía ni el elemento se detecta como componente del sustrato o capa de la fotografía como ocurre en otros procedimientos fotográficos de épocas posteriores, pues en este caso el pico aparecería más intenso. La presencia de elementos a destacar como el Ba y de Cr en dos de los casos analizados podría deberse a cargas del soporte, blanqueadores o colorantes, pudiendo tratarse de un componente del tinte o colorante azulado en el caso de la fotografía manualmente coloreada. Sin embargo, la imposibilidad de realizar el análisis en el reverso del papel fotográfico, por encontrarse adherido en su totalidad en la página del álbum, no permite corroborar con mayor certeza la hipótesis.

El muestreo con ATR-FTIR ratificó la presencia del aglutinante de albúmina observado en la microscopía y descartó la presencia de otras capas, no detectando sustratos adicionales como barnices o acabados. En el caso de la fotografía n° 62 se corrobora que el proceso de coloreado se realizó directamente sin el uso de un aglutinante o preparación, tratándose de un tinte o anilina de aplicación directa o una técnica pictórica muy diluida. Los espectros derivados de las muestras en estudio inducen a creer que todas las copias fotográficas habrían sido producidas y adquiridas en épocas cercanas, recurriendo a procesos de producción y manufactura similares, con pocas variaciones. Con respecto a la caracterización del soporte de papel, el análisis de la micromuestra extraída de una zona descohesionada permitió determinar la presencia de algodón en la manufactura, elemento característico de los papeles fotográficos de elevada calidad que se empleaban en este periodo y cuya morfología también se observó

aumentada con la microscopía óptica.

La aproximación a la datación tras determinar el grosor de la capa de albúmina posibilita el acercamiento a su estimación temporal. Calouste Gulbenkian viajó por primera vez a Bakú en 1888 para adentrarse en el entonces emergente negocio del petróleo, por lo que en el trayecto pudo comenzar a recopilar fotografías para la compilación del objeto, adquiriendo la fotografía de una de las primeras imágenes tomadas de la bahía de la ciudad. Esto situaría las demás cercanas a este periodo, en torno a la última década del siglo XIX.

Por último, se pone de manifiesto al igual que en otras investigaciones similares la dificultad de identificar capas de revestimientos, lacas y métodos empleados para la coloración en fotografías y papeles por las limitaciones de las técnicas, la dificultad de toma de muestra en los materiales fotográficos, la delgadez de las capas y la cantidad en la que suelen estar presentes los elementos en las muestras. De cara a futuras investigaciones, sería deseable experimentar con otros métodos analíticos complementarios para profundizar en el conocimiento acerca de estos componentes tan sensibles, frágiles y difíciles de detectar utilizados para colorear copias positivas o para el tintado de los papeles albuminados.

Agradecimientos

Las autoras agradecen la generosidad de la dirección y el personal del Archivo y Biblioteca de Arte de la Fundação Calouste Gulbenkian de Lisboa por apoyar y promover la realización de este estudio, y a la conservadora-restauradora de la institución, Sonia Casquiço. Además, dan gracias por la predisposición y apoyo científico del Laboratorio de Conservação e Restauro de la Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) de la Universidade Nova de Lisboa, especialmente a Vanessa Otero por la ayuda técnica prestada en la realización de los análisis. A la Universidad de Murcia por el apoyo financiero a una de las autoras, a través de la estancia de investigación predoctoral en la Fundación dentro de las Ayudas Campus Mare Nostrum-UM.

REFERENCIAS

1. Perdigão, J. A., *Calouste Gulbenkian, Coleccionador*, 3ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2006).
2. Guerrero García, A., *La fotografía como elemento de colección y como herramienta de un coleccionista: álbumes de memorias, souvenirs y reproducciones fotográficas en la documentación de arte de Calouste Gulbenkian*, Disertación doctoral, Departamento de Historia del Arte, Universidad de Murcia (2021), <http://hdl.handle.net/10201/111586>.
3. Guerrero García, A., 'Coleccionismo fotográfico: una investigación a través de la conservación de los álbumes de Calouste Gulbenkian y sus relaciones con Europa y Medio Oriente', in *Actas II Congreso Internacional Coleccionismo, Mecenazgo y Mercado Artístico*, Universidad de Sevilla (2018) 95-110.
4. Lavedrine, B., *Reconocer y conservar las fotografías antiguas*, Comité des Travaux Historiques, Paris (2010).
5. Rutherson, J., 'Victorian album structures', *The Paper Conservator* **23**(1) (1999) 13-25.
6. Reilly, J., *The albumen and salted paper book. The history and practice of photographic printing 1840 – 1895*, Light Impressions Rochester, New York (1980).
7. Stulik, D.; Kaplan, A., 'Albumen', in *The Atlas of Analytical Signatures of Photographic Processes*, Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013).
8. Doncea, S.; Ion, R. M.; Fierascu, R.; Bacalum, E.; Bunaciu, A.; Aboul-Enein, H. Y., 'Spectral methods for historical paper analysis: composition and age approximation', *Instrumentation Science & Technology* **38**(1) (2010) 96-106, <https://doi.org/10.1080/10739140903430271>.
9. Young, E., *The salt print manual. Salt & albumen photographic printing processes*, Gold Street Studios, Victoria (2011).
10. Reilly, J., 'The manufacture and use of albumen paper', *The Journal of Photographic Science*. **26** (1978) 156-161.
11. Reilly, J., 'The history, technique and structure of albumen prints', in *AIC Preprints* (1980) 93-98.
12. Messier, P.; Vitale, T., 'Cracking in albumen photographs: an ESEM investigation', *Journal of Microscopy Research and Technique* **25**(5-6) (1993) 374-383, <https://doi.org/10.1002/jemt.1070250505>.
13. Messier, P.; Vitale, T., 'Effects of aqueous treatment on albumen photographs', *Journal of the American Institute for Conservation* **33** (1994) 257-278, <https://doi.org/10.1179/019713694806083023>.
14. Stulik, D.; Kaplan, A., 'Application of a Handheld XRF spectrometer in research and identification of photographs', in *Handheld XRF for Art and Archeology*, ed. A. N. Sugar, Leuven University Press, Leuven (2013) 75-130.
15. Stulik, D.; Kaplan, A., 'An example of complex composite materials and processes: photography', in *Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*, ed. G. Artioli, University Press, Oxford (2010) 419-433.

16. Modica, A.; Alberghina, M.; Brai, M.; Bruno, M.; Bella, M. L. D.; Fontana, D.; Tranchina, L., 'XRF analysis to identify historical photographic processes: the case of some Interguglielmi Jr.'s images from the Palermo Municipal Archive', *Radiation Physics and Chemistry* **135** (2017) 76-80, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.02.026>.
17. Čechák, T.; Kopecká, I.; Trojek, T.; Štanžel, T.; Bártová, H. 'Application of X-ray fluorescence in an investigation of photographic heritage', *Radiation Physics and Chemistry* **116** (2015) 8-13, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2015.05.015>.
18. McClelland, A.; Bulat, E.; Bernier, B.; Murphy, E. L., 'Specular reflection FTIR: a non-contact method for analyzing coatings on photographs and other cultural materials', *Journal of American Institute of Conservation* **59**(2) (2019) 123-136, <https://doi.org/10.1080/01971360.2019.1660546>.
19. Ricci, C.; Bloxham, S.; Kazarian, S. G., 'ATR-FTIR imaging of albumen photographic prints', *Journal of Cultural Heritage* **8** (2007) 387-395, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.07.002>.
20. Nieto Villena, A.; Martinez, J. R.; de la Cruz-Mendoza, J. A.; Valcarcel Andrés, J. C.; Ortega-Zarzosa, G.; Solbes-García, A.; Vázquez-Martínez, E., 'Atomic force microscopy as a tool for binder identification in ancient photographic processes', *Surface and Interface Analysis* **50**(4) (2018) 496-505, <https://doi.org/10.1002/sia.6408>.
21. Grabska, J.; Beć, K. B.; Huck, C. W., 'Novel near-infrared and Raman spectroscopic technologies for print and photography identification, classification, and authentication', *NIR news* **32**(1-2) (2021) 11-16, <https://doi.org/10.1177/09603360211003757>.
22. Puškárová, A.; Bučková, M.; Habalová, B.; Kraková, L.; Maková, A.; Pangallo, D., 'Microbial communities affecting albumen photography heritage: a methodological survey', *Scientific reports* **6** (2016) 20810, <https://doi.org/10.1038/srep20810>.
23. Martín, E., 'Técnicas no destructivas para el estudio de los materiales fotográficos', *Molecula* **20** (2015) 37-39.
24. Del Egido, M.; Martín de Hijas, C.; Juanes, D., 'Aplicación de métodos de análisis sin toma de muestra en fotografía histórica. Estudios de una colección procedente del Museo Sorolla', *Bienes Culturales Revista del Instituto de Patrimonio Cultural de España* **8** (2008) 147-156.
25. Neiva A. C.; Marcondes, M. A.; Pinto, H. P. F.; Almeida, P. A. D., 'Analysis of photographs and photo-paintings by energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy', *Radiation Physics and Chemistry* **95** (2014) 378-380, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.03.028>.
26. Herrera Garrido, R., 'Estudio histórico y análisis químico por fluorescencia de rayos X de la colección de placas de linterna de Alfred Stieglitz en el Museo George Eastman House', *Pátina* **17-18** (2014) 261-278.
27. Del Egido, M.; Juanes, D.; Bueso, M., 'Consideraciones en torno a los estudios científicos aplicados a la conservación del patrimonio cultural', in *La ciencia y el arte IV*, ed. Ministerio de Cultura y Deporte de España - IPCE, Madrid (2013) 7-24.
28. Marucci, G.; Monno, A.; Van der Werf, I. D., 'Non invasive micro-Raman spectroscopy for investigation of historical silver salt gelatin photographs', *Microchemical Journal* **117** (2014) 220-224, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.07.001>.
29. Vila, A.; Centeno, S. A.; Barro, L., 'Characterization of unprocessed historic platinum photographic papers by Raman, FTIR and XRF', *Microchemical Journal* **114** (2014) 8-15, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.11.016>.
30. 'Cotton', in *IRUG Infrared and Raman users group spectral database*, Academy of Fine Arts Vienna, <http://www.irug.org/jcamp-details?id=5236> (acceso en 2019-07-20).
31. 'Fiber Reference Image Library (FRIL)', in *Cameo Materials Database*, Museum of Fine Arts, Boston, <http://cameo.mfa.org> (acceso en 2019-07-21).
32. 'Raman Spectroscopy', in *ColourLex*, <https://colourlex.com/project/raman-spectroscopy/> (acceso en 2019-07-21).
33. Enyeart, L.; Anderson, A. B.; Perron, S. J.; Rollins, D. K.; Fernando, Q., 'Non-destructive elemental analysis of photographic paper and emulsions by X-ray fluorescence spectroscopy', *History of Photography* **7**(2) (1983) 99-112, <https://doi.org/10.1080/03087298.1983.10442764>.
34. Cattaneo, B.; Chelazzi, D.; Giorgi, R.; Serena, T., 'Physico-chemical characterization and conservation issues of photographs dated between 1890 and 1910', *Journal of Cultural Heritage* **9**(3) (2008) 277-284, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2008.01.004>.
35. Eastaugh, N.; Walsh, V.; Chaplin, T.; Siddall, R., *The pigment compendium. A dictionary of historical pigments*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Amsterdam (2004).
36. Botti, L.; Ferro, D.; Impagliazzo, G.; Placido, M.; Residori, L.; Ridolfi, S.; Ruggiero, D., 'Analisi di fluorescenza ai raggi X di stampe fotografiche all'albumina appartenenti all'Archivio fotografico della Pinacoteca di Brera', in *Indagini scientifiche e metodi di restauro*, eds. L. Residori y L. Botti, MIBAC, Roma (2008) 201-213.
37. *The photographic news: a weekly record of the progress of photography*, **IX** (331), eds. Wharton Simpson, G., M.A., F.S.A., Cassell, Peter and Galpin, London, (1856) 460-461.
38. Travis, A. S., 'Perkin's mauve: ancestor of the organic chemical industry', *Technology and Culture* **31**(1) (1990) 51-82, <https://doi.org/10.2307/3105760>.
39. Conti, C.; Botteon, A.; Colombo, C.; Realini, M.; Matousek, P., 'Fluorescence suppression using micro-scale spatially offset Raman spectroscopy', *Analyst* **141**(18) (2016) 5374-5381, <https://doi.org/10.1039/C6AN00852F>.
40. Vila, A.; Centeno, S. A., 'FTIR, Raman and XRF identification of the image materials in turn of the 20th century pigment-based photographs', *Microchemical Journal* **106** (2013) 255-262, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.07.016>.
41. Comnea-Stancu, I. R.; Wieland, K.; Ramer, G.; Schwaighofer, A.; Lendl, B., 'On the identification of rayon/viscose as a major fraction of microplastics in the marine environment: discrimination between natural and manmade cellulosic fibers using Fourier Transform Infrared Spectroscopy', *Applied Spectroscopy* **71**(5) (2017) 939-950, <https://doi.org/10.1177/0003702816660725>.
42. Buzit-Tragni, C. B., 'The use of ultraviolet-induced visible fluorescence for examination of photographs', (Final Dissertation) A. W. Mellow Fellow, Advanced Residency Program in Photograph Conservation, George Eastman Museum Image Permanence Institute, Rochester (2005).

RECIBIDO: 2022.1.10

REVISTO: 2022.8.29

ACEPTADO: 2022.11.3

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>

Exemplos de restauro arquitetónico em Portugal entre os séculos XVI e XVIII segundo o espírito da *concinnitas*: harmonia, unidade e conformidade

MARIA JOÃO BAPTISTA
NETO 

ARTIS - Instituto de História da Arte da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa,
Alameda da Universidade, 1600-215 Lisboa

mjneto@letras.ulisboa.pt

Examples of architectural restoration in Portugal in the 16th to 18th centuries according to the spirit of *concinnitas*: ideal of harmony, unity and conformity

Resumo

O estudo centra-se na emergência de uma primeira geração de arquitetos conscientes da prática do restauro de acordo com o ambiente cultural e artístico do Renascimento e decorrente da tratadística clássica. Como intervir em preexistências medievais, foi um problema que estes arquitetos tiveram de enfrentar e resolver, porque apesar de considerarem o gótico indesejável era fundamental encontrar forma de assegurar a “conformidade” do edifício, sem violar a “harmonia” mútua das suas partes, segundo o princípio da *concinnitas* enunciado por Alberti. Tomando a formulação proposta por Panofsky sobre os modos encontrados de atuação em preexistências medievais: recobrimento, continuidade e compromisso, e de acordo com exemplos italianos já estudados, procurou-se avaliar da prática, em Portugal, deste *modus operandi*. A identificação de vários casos de estudo nacionais da época Moderna permite comprovar essa atuação e lançar um novo olhar sobre a génese concetual e prática do restauro arquitetónico em Portugal.

Abstract

The study focuses on the rise of a first generation of architects aware of restoration practices according to the Renaissance cultural and artistic environment, and resulting from classical treatises. How to intervene in medieval pre-existences was a problem that these architects had to face and solve, because despite considering Gothic undesirable, it was essential to find a way to ensure the “conformity” of the building, without violating the mutual “harmony” of its parts, according to the principle of *concinnitas*, as stated by Alberti. Taking the formulation proposed by Panofsky about the modes of action found in medieval pre-existences: overlay, continuance and compromise, and according to Italian examples previously studied, we sought to evaluate the practice, in Portugal, of this *modus operandi*. The identification of several national case studies from the Modern period allows us to substantiate this operation and to cast a new view on the conceptual and practical genesis of architectural restoration in Portugal.

PALAVRAS-CHAVE

História e teoria do restauro
em Portugal
Idade Moderna
Tratadística
Arquiteto-restaurador
Concinidade
Unidade de estilo

KEYWORDS

History and theory of
restoration in Portugal
Modern Age
Treatises
Architect-restorer
Concinnitas
Unit of style

Introdução

A consciência do restauro arquitetónico tem as suas raízes com o Humanismo e o Renascimento e fixa a sua teoria nos tratados. Focado no retorno à natureza e tomando a ideia de “correspondência” total do edifício expressa por Vitruvius, Leon Battista Alberti (1404-1472), irá definir o princípio da *concinntitas* antiga e interpreta-o segundo a modernidade do pensamento humanista. A *Bella* arquitetura assumia as categorias fundamentais vitruvianas da “ordem”, da “disposição”, da “simetria”, da “euritmia”, do “decoro” e da “distribuição”; o uso das ordens; e as proporções áureas. Toda esta nova postura contrariava e reagia contra o gótico, implicando a necessidade de articular formas de atuação sempre que os arquitetos do Renascimento se viram confrontados com a necessidade de intervir sobre preexistências medievais, seja para as concluir, ampliar ou restaurar [1]. Os “ormentos da idade”, os “acidentes naturais” e os “estrágos causados pelos homens” são fatores de degradação arquitetónica bem identificadas por Alberti [2]. Estes justificam a atitude de restauro, prática merecedora de um “livro” próprio - o décimo - *Da Arte Edificatória*. Alberti - a quem Erwin Panofsky chama o verdadeiro fundador da Teoria da Arte [3] — irá tolerar o gótico, porque o mais importante era manter a coerência do princípio da “conformidade”, já citado, e alcançar deste modo a unidade e a pureza da obra.

É Panofsky que, tendo em conta as diretrizes teóricas de Alberti e a práxis deste e de outros arquitetos do tempo, define três modos, então assumidos, de resolver a questão da conformidade face a estruturas preexistentes: primeiro, remodelar o edifício medieval segundo os princípios da *maniera moderna*, cuja forma mais eficaz consistia em recobrir as estruturas com um epiderme contemporânea; segundo, dar continuidade à obra no estilo goticizante; e por último, obter um compromisso entre estas duas alternativas, procurando alcançar o equilíbrio entre o medieval e o clássico [3].

Tomando primeiro exemplos ilustrativos destes três modos de atuação na Itália do Renascimento, segue-se a identificação destas abordagens em Portugal, em casos de estudo representativos, entre o século XVI e o início da centúria de setecentos, os quais nunca haviam sido avaliados segundo a óptica operativa agora proposta.

Entre os tratados e a prática em Itália

Alberti ainda terá ensaiado procedimentos de ordem técnica para a velha basílica de São Pedro do Vaticano — provavelmente a pedido de Nicolau V — de modo a consolidar a sua estrutura, já que os muros laterais haviam perdido perpendicularidade por cima das colunas e ameaçavam fazer ruir as coberturas. Não há notícia da colocação em prática do plano enunciado, no livro décimo *Da Arte Edificatória* [2], tendo sido apresentada, ao que parece, uma nova proposta, a qual consistia no envolvimento da preexistência por uma estrutura “moderna”, procurando conciliar o velho e o novo. De acordo com esta atitude, os trabalhos foram-se desenrolando durante o pontificado de Nicolau V (1447-1455). Como refere Jukka Jokilehto, é possível que o papa inicialmente tenha procurado reparar a velha basílica e a dada altura optou por uma renovação em larga escala [4]. Com a posterior decisão de Júlio II e dos seus sucessores em construir uma nova basílica, nada restou desta iniciativa de meados do *quattrocento*.

É em Rimini que podemos encontrar o grande ensaio prático de Alberti de cobrir uma preexistência medieval com uma nova membrana moderna. Por volta de 1449, Sigismondo Malatesta chama o arquiteto-teórico para fazer do templo gótico de São Francisco de Rimini uma igreja panteão. Alberti concebe uma “pele” renasçença para recobrir o velho edifício e embora os trabalhos não tenham sido concluídos face à excomunhão de Malatesta e ao declínio da sua fortuna, Giorgio Vasari (1511-1574), nas suas *Vite*, distingue o projeto do arquiteto como responsável por transformar São Francisco de Rimini num dos templos mais famosos de Itália [5].

A aplicação de uma nova pele a velhos edifícios continuou a ser justificada segundo os princípios da “harmonia”, da “unidade” e da “conformidade” pela nova geração de arquitetos-teóricos do *Cinquecento* italiano. Andrea Palladio (1508-1580) envereda por essa via ao dotar o Palácio Comunal de Vicenza de duas ordens de *loggias* a recobrir o edifício medieval, no projeto que apresenta em 1549. A definição de beleza expressa nos *Quattro Libri dell'Architettura* (Primeiro Livro, capítulo I) justifica plenamente a sua opção [6]. A solução praticada em Vicenza resulta da aplicação da chamada “serliana”, ou seja, do módulo composto por um arco a pleno centro ladeado por duas aberturas retangulares laterais. Na repetição sequencial do módulo, o vão do arco é constante, mas as aberturas retangulares variam na sua largura ajuntando-se, neste caso, com a elasticidade necessária, às estruturas preexistentes. O sistema, publicado por Sebastiano Serlio (1475-1554) no livro quatro de *Tutte l'opere d'architettura et prospetiva*, em 1537, já havia sido utilizado por Giulio Romano (1499-1546) na reformulação do templo da abadia de San Beneditto in Polirone, com o intuito de absorver as diferenças métricas dos tramos da velha igreja.

Serlio, na sua qualidade de arquiteto-teórico e tendo em conta o seu grande objetivo de definir tipologias de arquitetura doméstica para diferentes tipos de clientela, não deixa de atender a requisitos específicos para “ristorar case vecchi” [7]. Como sublinha Panofsky, com os modelos exemplificativos de recobrimento que publica, o arquiteto dirige-se aos proprietários cujo desejo era o de modernizar os seus palácios góticos a fim de não parecerem inferiores aos dos seus vizinhos “modernos”, quando não podiam, ou não queriam custear um edifício novo de raiz [3].

Este tipo de prática continuou a ser utilizada pelos arquitetos da centúria seguinte nos edifícios mais emblemáticos de Roma. Tomando como exemplo a iniciativa do papa Inocêncio X (1644-1655) em reformar a Basílica de São João de Latrão, assistimos ao projeto levado a cabo por Francesco Borromini (1599-1667), onde este opta por encerrar as velhas colunas da nave central em novos pilares, criando o esquema cénico dos monumentais doze nichos nos interstícios para receber as estátuas dos Apóstolos.

Prosseguindo segundo a matriz analítica panofskyana, o modo de dar continuidade à obra na maneira do estilo gótico, foi sobretudo praticado nas sucessivas propostas para a fachada de São Petrónio de Bolonha e para o zimbório da catedral de Milão, este por Donato Bramante e Giorgio Martini (1439-1501). Bramante defendeu a execução do zimbório em harmonia com o estilo do conjunto sob pena de quebrar “l'ordine de l'edificio” [8]. A proposta, após alguma discussão, acabou por ser construída assumindo-se quase correto em termos arqueológicos enquanto organismo gótico [3].

Já o exercício que Alberti para a fachada de Santa Maria Novella, em Florença têm particular enquadramento no terceiro modo enunciado por Panofsky, ou seja, o equilíbrio entre o medieval e o clássico. Sob encomenda do mercador Giovanni Rucellai, em 1470, Alberti encontra o equilíbrio entre a preexistência gótica e os valores do Renascimento da proporção, simetria e geometria aplicada no desenho executado em mármore predominantemente entre o preto e o branco. Alberti vai ainda surgir ligado a duas importantes intervenções quatrocentistas em preexistências medievais, na linha do compromisso entre o “velho” e o “novo”: são estas as igrejas de San Stefano Rotondo al Celio e de San Marco Evangelista al Campidoglio, ambas em Roma.

Reflexos em Portugal

Se em Itália a atitude tida nas intervenções realizadas em edifícios medievais, sob o princípio da “conformidade”, está bem determinada, nos vários modos então praticados, em Portugal esta abordagem crítica não foi ainda ensaiada de forma consciente e sistemática. Seguindo a formulação panofskyana, procurar-se-á avaliar as reflexões desta práxis entre nós, perseguindo a identificação de exemplos no período em análise.

Recobrimento: *La maneira moderna* **Claustro da Catedral de Viseu**

Será em Viseu, entre 1528 e 1534, que vamos ver aplicado no claustro catedralício o modo do recobrimento, num processo protagonizado por uma dupla de mecenas-arquiteto vinda diretamente de Roma do Renascimento (Figura 1). São eles o nobre, diplomata humanista D. Miguel da Silva (1480-1556) o qual, em 1526 é feito Bispo de Viseu pelo papa Médici, Clemente VII, depois de uma década, como embaixador na cúria romana, e Francesco da Cremona, o artista que o acompanhou no regresso a Portugal. Muito provavelmente da mesma geração do seu protetor [9], Francesco será o interprete de um ambicioso programa artístico, por parte de D. Miguel, de afirmação de poder e propaganda dos valores humanistas e do perfil culto e erudito do cortesão do Renascimento [10]. Os valores espaciais e decorativos do claustro da catedral de Viseu estão bem reconhecidos pelos historiadores do Renascimento em Portugal, que nele veem o resultado de um estágio de domínio arquitetónico superior àquele que era vinculado entre nós através do receituário de Diogo de Sagredo [11]. Embora não seja unânime tomar como adquirida a participação de Francesco como *muratore* nas obras de S. Pedro do Vaticano, sobre a direção de Rafael Sanzio (1483-1520) e de Giuliano da Sangallo (1443-1516), não se lhe nega uma aprendizagem romana [9]. A aproximação que pode ser feita da quadra viseense, apesar do seu registo único, aos distintos *cortiles* palacianos da Chancelaria de Roma e de Urbino ou ao claustro de San Salvatore in Lauro atestam o salto qualitativo e a novidade estética introduzida, entre nós, em plena época manuelina [12].

As obras de restauro levadas a cabo pela Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), nos anos 50 de noventa, no claustro catedralício vieram revelar a existência de estruturas do primitivo claustro medieval. Trabalhavam os técnicos na adaptação da capela funerária do bispo D. João Vicente, paredes meias com o muro interior nascente do claustro, quando a picagem para a consolidação de rebocos deixa a descoberto o portal desta capela que dava para a quadra seguido de um túmulo medieval em arco-sólio (Figura 2).



Figura 1. Claustro da Sé de Viseu (2017), fotografia de Manuel Botelho [13].



Figura 2. Claustro da Sé de Viseu durante o restauro da DGEMN nos anos 50 [14, fig. 31].

Primeiro pensou-se serem estes os vestígios da residência condal dos pais de D. Afonso Henriques, cuja tradição historiográfica dizia ter sido esta demolida para a edificação do claustro renascença [14]. O arquiteto Luís Amoroso Lopes (1913-1995) prosseguiu com mais algumas sondagens que lhe permitiram concluir estar na presença da estrutura do “claustro ogival de proporções grandiosas, possivelmente do século XIV” [15]. Ficaram então a descoberto as colunas e os arranques da cobertura ogival da castra, enquanto o pavimento primitivo se encontrava a uma cota inferior, por debaixo do chão da obra promovida por D. Miguel da Silva.

Sabemos ter este claustro gótico sido patrocinado pelo bispo D. João Homem I (1333-1349) sob a direção do mestre João de Lamego, a partir de 1314 [15]. Também sabemos que Francesco da Cremona não demoliu a totalidade da preexistência medieval, como se julgava, cabendo agora, de forma consciente, sublinhar a atitude do arquiteto cremonês, certamente sancionada

pelo seu mecenas, de, sob o espírito albertiano da *concinnitas*, ter encontrado no revestimento com uma epiderme moderna a *conformità* do secular edifício.

Intervenções posteriores, impedem uma percepção precisa do modo e do grau de recobrimento das estruturas medievais praticados por Francesco. A perspectiva que hoje se oferece ver foi determinada pelos arquitetos da DGEMN. Para além do portal sul, foram deixados a descoberto os elementos descritos no corredor nascente, em três tramos recortados no reboco caiado. Ainda se pensou num restauro mais alargado, mas este teria implicado alterações profundas no claustro como o rebaixamento do pavimento e a supressão da decoração azulejar [15].

Claustro de D. João III em Tomar

Pouco depois de concluída a obra do arquiteto italiano ao serviço do humanista D. Miguel da Silva, teve início uma outra em moldes muito semelhantes ao procurar opor um revestimento moderno face à preexistência. Falamos do grande estaleiro operante no Convento da Ordem de Cristo em Tomar, liderado pelo arquiteto João de Castilho (c. 1470-1552) sobre as ordens do rei D. João III. A igreja manuelina, concluída havia poucos anos com a exuberância decorativa exterior das três janelas da sala do capítulo e os proeminentes botaréis viu-se encoberta pela construção dos claustros de dois andares de Santa Bárbara, a poente, e o dito principal, a sul, pela mão de Castilho, a partir de 1533.

O contrato de execução do claustro principal é explícito quanto aos princípios arquitetónicos a ter em conta a fim de que este “pareça ao Romano” (Figura 3). Castilho estava familiarizado com o tratado de Diogo de Sagredo: *Medidas del Romano*, publicado na cidade de Toledo, em 1526, o qual possuía uma interpretação dos cânones vitruvianos e da teoria de Alberti, embora não de forma linear. A opção para atuar nas construções preexistentes que se extrai da obra de Sagredo resulta sobretudo na consagração de um modelo comprometido com a “nova maneira” embora sem a definição purista da tratadística romana, particularmente no domínio estrutural [1]. A ter sido cumprido o contrato, o claustro nabatino, teria 32 arcos a pleno centro em cada um dos registos, não corridos mas pautados dois a dois pelos pilares-contrafortes. O modelo acentuava a marcação dos tramos e encontrava-se ainda preso ao praticado pelo mesmo arquiteto no claustro de Santa Maria de Belém, alguns anos antes. Em termos decorativos, as molduras lavradas deviam, como referido, obedecer “ao romano” estilizando-se todo um ornato *all'antico* de *grotteschi* bebido nos motivos fantasiosos romanos, articulados com a evocação da estirpe heróica da Antiguidade clássica expressa nos *tondi*, com os seus bustos-retrato [12]. Esta membrana estrutural e decorativa concebida para resolver o problema da *conformità* com a igreja manuelina, beneficiou de duplos corredores internos que somavam à funcionalidade em termos de comunicação com as dependências conventuais, a melhor adequação da nova construção com as estruturas preexistentes.

O que faz do claustro principal de Tomar um exemplo curioso de “conformidade” é precisamente a repetição do *modus operandi* num curto espaço de tempo, no qual a obra de Castilho se verá revestida por uma nova “epiderme”. Passados cerca de 20 anos, é o mesmo D. João III, agora com o arquiteto Diogo de Torralva (c. 1500-1566) — nomeado mestre das obras de Tomar em 1554 — a determinar a construção de um novo claustro. Os motivos evocados para esta decisão real assentam em problemas estruturais da construção castilhiana afirmando-se, em 1557, estar a castra principal “aberta e perygosa” [16]. Atendendo à natureza do terreno onde Castilho implantou o claustro, tendo que trabalhar, a sul, o forte declive, criando artificialmente uma plataforma escorada, é provável que tivesse havido alguma cedência de terras e conseqüente desvio ou fratura da caixa murária. Contudo, a opção do rei não foi a reparação, mas a substituição por uma nova construção, atitude esta que leva unanimemente os autores a considerar o fator gosto como tendo sido determinante na decisão real. Efetivamente, os novos ventos contra-reformistas traduziam-se numa “austera teatralidade programática” pautada por uma cenografia do decoro oposta aos *grotteschi*, integrados na gramática paganzada castilhiana [12].



Figura 3. João de Castilho, corredor interno do claustro principal do Convento de Cristo em Tomar e acesso à Sala do Capítulo (2020), fotografia de Santiago Abella.

Torralva é, pois, incumbido de desfazer e tornar a fazer de novo o claustro de acordo com o debuxo que o próprio arquiteto “amostrara” a sua alteza. Embora a ordem expressa fosse de desfazer, o certo é que Diogo de Torralva vai seguir na linha protagonizada pelos arquitetos-teóricos italianos de modernizar em *conformità* com a preexistência, optando em grande parte pelo recobrimento. A atitude comprova o conhecimento que este tinha da tratadística, revelando-se não só “o melhor leitor de Serlio em Portugal” [12] mas um atento observador das obras de Palladio, nomeadamente da quase contemporânea intervenção deste no Palácio Comunal de Vicenza. Tal como Palladio, também Torralva irá optar pelo uso da “serliana” e dela retirar a elasticidade necessária para melhor se adaptar ao espaço preexistente (Figura 4).



Figura 4. Diogo de Torralva, claustro principal do convento de Cristo, Tomar (2020), fotografia de Santiago Abella.

Apenas com o auxílio de modernas tecnologias de prospeção não evasivas, será possível ter uma perceção correta do grau de absorção das velhas estruturas, isto é, se as colunas da quadra castilhana estão, em parte, encerradas nos pilares da nova construção. A preservação dos elementos antigos criteriosamente deixados à vista, com um claro sentido de harmonia entre as partes, significa que estes representavam valores reconhecidos. Tanto mais que muitos deles se encontram em lugares funcionais de passagem para as dependências do cenóbio, no duplo corredor interno do claustro. A forma hábil como trabalha a *conformità* da construção é admirável na evocação das melhores práticas de Alberti em Rimini e de Palladio em Vicenza. Se Torralva esteve em Itália, é ainda uma incógnita. Não devemos, contudo, esquecer que *De Re Aedificatoria* havia sido traduzida para português em 1551, por André de Resende, a mando de D. João III. Certo é não ser possível negar a Torralva o conhecimento destes modos de atuação determinados pelos arquitetos-teóricos italianos.

Capela-mor do mosteiro de Belém

Será no mosteiro de Belém que podemos presenciar outro significativo exemplo de uma ação de recobrimento com o intento de responder a um programa específico de modernização da preexistência e, por conseguinte, de afirmação de poder.

A rainha D. Catarina, tendo em conta a afirmação de Lisboa como centro político e a influência da ordem de S. Jerónimo na sua estreita ligação com o poder religioso e político, favorecendo um absolutismo ibérico, decide um novo projeto funerário para Belém, depois da morte de D. João III. A decisão foi firmada em 1565 e a escolha da rainha recaiu sobre o arquiteto Jerónimo de Ruão (1530-1601). A maioria dos autores considera ter D. Catarina mandado

construir a nova capela no lugar da primitiva manuelina, mandando-a derrubar por esta ser “pequena” e “pobre”, repetindo as palavras do cronista espanhol Frei José de Sigüenza, nos inícios do século XVII. Também o argumento desta ser “baixa” foi sendo acrescentado a fim de justificar a ação da soberana. Ora estas considerações perdem fundamento quando observamos atentamente o arco triunfal da capela-mor, o qual é ainda o original manuelino coevo da primitiva capela e determina a altura e a largura que esta possuía. Se a construção projetada a mando de D. Catarina por Ruão respeitou estas dimensões do presbitério manuelino, quase certo que também obedeceu à métrica original em termos de profundidade. A rainha pretendia uma nova capela sepulcral plena de afirmação e dignidade, onde a par dos seus sogros, o seu próprio túmulo e o de seu marido tivessem igual evidência [17].



Figura 5. Igreja do Mosteiro de Santa Maria de Belém, capela-mor (2013), fotografia de António Serralheiro.

Deste modo, Jerónimo de Ruão, servindo-se de um inovador discurso em terras ibéricas de referência miguelangelesca concebe um arrojado revestimento para ocultar a estrutura primitiva manuelina, resultando aliás no seu estreitamento. Foram criados dois arcos sólios em cada um dos lados, como alvéolos para receber os quatro túmulos, aumentando assim a espessura dos muros laterais ao ponto de cegar o acesso aos púlpitos manuelinos junto ao arco triunfal (Figura 5). A envolver os nichos tumulares, Ruão lançou mão da sobreposição de ordens, com colunas gêmeas sobre duplos plintos e de elegantes janelas em chanfra, com o semicírculo de fundo a responder a um ritmo pentagonal marcado pela utilização da coluna singular. A cobrir o espaço, uma abóbada de caixotões reticulada sobrepôs-se à primitiva cobertura manuelina. Também pelo lado exterior, o modo de recobrimento terá sido praticado com o intuito de eliminar possíveis assimetrias indesejadas, com a cobertura plana em terraço e as respetivas escadas de acesso terminadas em elegantes guaritas circulares.

Perante esta avaliação, a novidade reconhecida a Jerónimo de Ruão não se deve ficar apenas pelo arrojo do programa maneirista praticado, mas também pelo modo albertiano como restaurou a antiga capela de D. Manuel I. Não é de mais sublinhar que o projeto de Jerónimo de Ruão serviu as intenções por parte de D. Catarina de Áustria de renovar a capela sepulcral hieronimita, tal como em São Francisco de Rimini, Alberti respondeu à vontade de criar um panteão familiar por parte de Segismundo Malatesta.

Santa Maria de Salzedas

A intervenção sobre preexistências neste exercício de recobrimento era, pois, uma realidade praticada em Portugal pelos arquitetos já citados, no profícuo século XVI. E, tal como em Itália, o contexto pós-tridentino e as mudanças por ele produzidas acentuam necessidades de atualização dos edifícios, renovando a pertinência deste modo de atuação [18]. Já neste contexto, no virar da centúria de seiscentos, podemos identificar, na realidade nacional, um quarto exemplo concernente a um revestimento contemporâneo sobre uma preexistência medieval. Trata-se da igreja conventual cisterciense de Santa Maria de Salzedas, um dos cenóbios mais importantes da Ordem a seguir ao de Alcobaça [19].

A revelação foi feita na sequência da intervenção da DGEMN em 1993, quando a picagem de rebocos nas naves laterais do templo deixara a descoberto as estruturas da primitiva fábrica românica (Figura 6). Constatou-se “que toda a estrutura medieval das naves, isto é paredes, colunas e arcos que sustentavam as abóbadas de berço primitivas em pedra se encontravam escondidas pelos pilares, rebocos e abóbadas de aresta rebocadas (em tijolo rebocado) da campanha barroca” [20]. Os técnicos de imediato concluíram que a intervenção barroca foi assistida por um princípio, ao qual chamaram “caixa” dentro da “caixa”. Apesar de não dominarem o enquadramento teórico e histórico do modo de atuação, reconheceram, e bem, que este consistira na envolverência da preexistência com uma nova pele, segundo o gosto do tempo [20].

Esta campanha construtiva barroca teve lugar cerca de 1695 pela mão, ao que tudo indica, do arquiteto Carlo Gimac (1651-1730) [21]. Gimac, nascido em Malta, estudou em Roma, no Colégio dos Jesuítas, bebendo de toda a rica ambiência cultural e artística da Cidade Eterna [22]. Homem culto e de letras, na boa tradição humanista, tinha, enquanto arquiteto, um sentido prático na resposta às necessidades, sem abdicar do puro deleite estético [23]. Realiza em Salzedas, segundo o princípio da “conformidade”, o hábil recobrimento da igreja medieval, com uma malha de duplos pilares seguindo as ordens toscana e jónica nas paredes, enquanto a nível da cobertura, as abóbadas de berço foram encerradas pelo novo abobadamento em aresta.

Gimac certamente conhecia bem esta prática de intervenção dos exemplos de maior referência que pôde testemunhar em Roma. Salzedas ter-lhe-á proporcionado a oportunidade de executar os princípios enunciados e praticados por Alberti e por muitos outros arquitetos, incluindo Borromini em São João de Latrão.



Figura 6. Igreja de Santa Maria de Salzedas, nave lateral norte (2019), fotografia de Pedro Caetano.

“Continuidade de estilo”

Em Portugal, o exemplo mais evidente de dar continuidade ao gótico é a construção da abóbada do corpo da igreja do mosteiro de Vilar de Frades, a partir de 1620, na continuidade estilística da capela-mor e transepto construídos um século antes, ao gosto manuelino (Figura 7).

A aparente “unidade de estilo” sentida no interior da igreja condicionou a identificação de duas campanhas de obras distintas até muito recentemente. Só a pesquisa académica das últimas décadas permitiu documentar a evolução construtiva do edifício e determinar a filiação seiscentista da abóbada da nave [24], embora sem o enquadramento concetual que agora lhe atribuímos.

A obra manuelina impulsionada maioritariamente pelo mecenato do arcebispo de Braga, D. Diogo de Sousa (1461-1532) terá sido concebida por João de Castilho depois de concluída a capela-mor da catedral bracarense (1509) e o início da empreitada de S. João Baptista de Vila do Conde (1511). Contudo, se as afinidades formais ligam estas construções e indicam o mestre biscainho como responsável pela traça, um testemunho seiscentista revela o nome de João Lopes de Guimarães como tendo sido o mestre de obras desta campanha, permanecendo, assim, a dúvida sobre a autoria ou uma possível articulação entre os dois mestres [24]. A interrupção do financiamento por parte de D. Diogo de Sousa depois de um desentendimento com os padres lóios, determinou uma economia de custos, com reflexo na construção da nave, a qual ficou com teto em madeira e, por conseguinte, muros mais ligeiros.

Na sequência de um violento temporal em 1616, o mosteiro ficou seriamente afetado e ameaçou ruína em algumas das suas partes. A igreja, pela maior fragilidade da obra da nave foi um dos núcleos a necessitar de remodelação, tendo sido privilegiado o seu restauro a partir de 1621 [24]. Apesar da obra contar com o testemunho contemporâneo do padre Jorge de São Paulo, não temos até ao momento o nome do arquiteto que dirigiu a empreitada. Temos sim a clara

noção da continuidade estilística que presidiu à conceção do projeto, como transparece das palavras do cronista: “foi-se continuando este magestoso [sic] edificio firmado com altos e fortes botareos com a mesma abobada enlaçada de porcintas e rozas em correspondencia igual da capella mor e cruzeiro” [24]. Foi pois, uma clara opção de correspondência e unidade do todo orientada por uma cultura intelectual filiada na tratadística clássica a determinar a obra, a qual ficou “tao engraçada na architectura; tam majestosa [sic] na fortaleza da abobada e botareos (...) que pode competir com os melhores templos de todo o reino” [24]. Graça, majestade e solidez são os adjetivos utilizados para caracterizar o resultado deste restauro seiscentista. Apesar da unidade estilística que aparenta, a abóbada de múltiplas nervuras retas apoiadas nas seis mísulas laterais com correspondência nos contrafortes exteriores não tem, como já foi notado, o mesmo sistema construtivo da abóbada quinhentista da capela-mor a qual apresenta um perfil mais rebaixado [25] e a utilização do combado. Não se revela à primeira vista, mas esta nasce antes de um perfil semi-circular [25] e as múltiplas nervuras direitas em malha densa, geometricamente proporcional e simétrica, denunciam, sob um olhar mais atento, valores comprometidos com a estética maneirista.



Figura 7. Igreja de Vilar de Frades (2019), fotografia de Carlos Figueiredo.

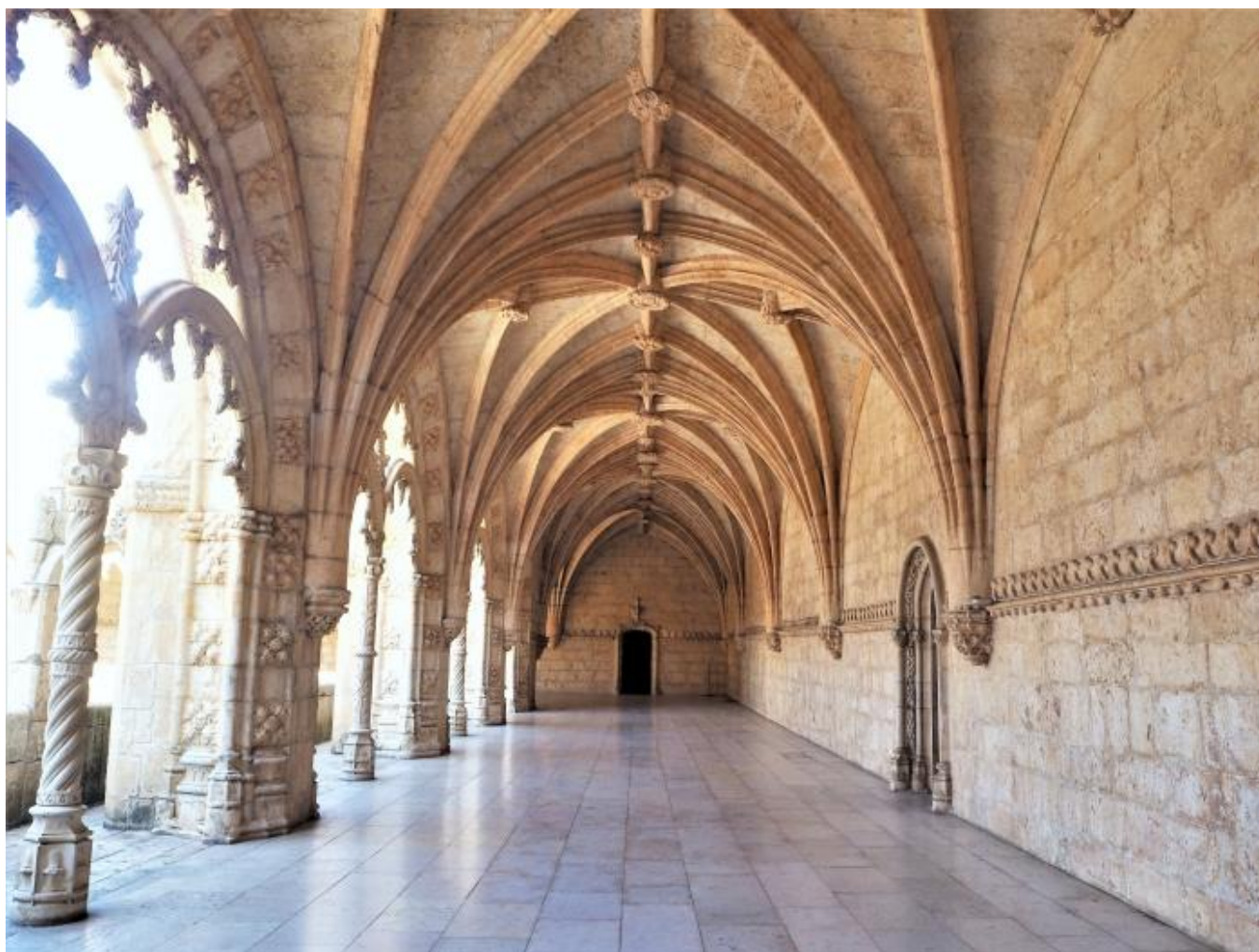


Figura 8. Claustro do Mosteiro de Santa Maria de Belém, ala sul do piso superior (2013), fotografia de António Serralheiro.

Este modo de conferir unidade à preexistência assegurando a continuidade formal e estética tem no claustro hieronimita de Belém a experiência antecedente a Vilar de Frades. Atribuída a Diogo de Torralva, a obra de fecho de parte das abóbadas do segundo piso do claustro, depois deste suceder a João de Castilho, pelo menos de 1545 a 1551 [26], deve ser tida em conta dentro da operatividade face ao problema da *conformità*. Torralva, que já vimos a tirar partido da prática do recobrimento no claustro de Tomar, assume na construção congénere de Lisboa a continuidade de estilo como forma de assegurar a beleza do conjunto, projetando o abobadamento em falta, ao gosto goticizante. Apesar de ser facilmente reconhecida esta intervenção, perante a estilização das linhas das nervuras e bocetes, com as suas arestas bem vincadas e decoração depurada, a pretendida unidade estilística é assegurada (Figura 8).

Compromisso entre o “velho” e o “novo”

Será Torralva, em conjunto com Diogo de Çarça, muito provavelmente o responsável, ainda no claustro de Belém, por procurar a harmonia do todo, também por via do compromisso entre o tardo-medieval e o moderno, neste caso. Fá-lo com a conceção da platibanda, com a qual termina a construção, assumindo a nova linguagem maneirista pautada pelos elegantes motivos escultóricos dispostos geometricamente entre triângulos, losangos e *tondi* com bustos de finíssimo lavor (Figura 9). Os recursos que mostra dominar na continuidade da obra manuelina em nome da *concinmitas* albertiana, evidenciam a versatilidade do mestre e o domínio da teoria arquitetónica em torno da questão de como harmonizar linguagens estéticas distintas e assegurar a conformidade na arte edificatória.



Figura 9. Claustro do Mosteiro de Santa Maria de Belém, ângulo sudeste (2013), fotografia de António Serralheiro.

Se olharmos em frente no tempo, em busca de mais exemplos de compromisso ou equilíbrio entre o “velho” e o “novo”, não podemos deixar de referir o artificioso ensaio praticado na fachada da igreja de Santa Maria de Alcobaça. É, sem dúvida, um dos mais emblemáticos casos nacionais, onde à boa maneira de Alberti, em Santa Maria Novella, se tenta o equilíbrio na modernização, ao gosto barroco, da frontaria do templo da casa-mãe de Cister em Portugal, nos primeiros anos do século XVIII (Figura 10). Permanece desconhecida a autoria da intervenção, apontando-se como forte possibilidade o nome de Carlos Gimac, o qual, como vimos, trabalhava para a Ordem de Cister, por estes anos [27]. Mais certezas existem quanto ao mestre das obras do mosteiro nos primeiros anos de setecentos - António Rodrigues de Carvalho - e aos mestres responsáveis pela lavra da cantaria e pelo seu assentamento na fachada: Gonçalo Afonso e Rafael da Fonseca, respetivamente [27]. Revelado está também o nome do escultor responsável pelas estátuas: o italiano Giuseppe Nelli citado nas folhas de despesa do mosteiro entre 1708 e 1714 [27].



Figura 10 Fachada da igreja do Mosteiro de Santa Maria de Alcobaça (2014), fotografia DGPC.

A fachada foi sujeita a uma nova harmonia com base num reticulado de três por três, vincado pelas pilastras com capitéis compósitos, intercetadas por frisos, onde os elementos medievais (portal, rosácea, janelões e sineiras), são integrados e articulados com os novos elementos, nomeadamente a estatuária de vulto e o frontão recortado em volutas, entre as torres. A geometrização imposta permitiu a organização simétrica e proporcional dos elementos e fez coexistir, em equilíbrio, o medieval e o barroco. A somar a este compromisso, pequenos pormenores mostram o cuidado na obtenção da unidade, fazendo reviver formas medievais, mas sujeitas ao volume ou à forma do barroco. É o caso dos massivos *crochets* que coroam as molduras em forma canopial sobre os vãos semi-circulares dos janelões do registo intermédio; dos elaborados baldaquinos das estátuas que ladeiam o portal; da cornija sobre o primeiro friso; ou do rendilhado da rosácea.

Conclusão

O Humanismo e o Renascimento projetam uma primeira geração de arquitetos-restauradores com uma consciência já relativamente definida dessa tarefa. Perante a necessidade de manter a coerência das proposições clássicas equacionadas na tratadística, estes arquitetos tomam o princípio da concinidade pela qual todas as partes de um edifício devem estar em conformidade e harmonia mútua, a fim de constituírem uma beleza única. Sentem o imperativo de restaurar uma preexistência mediante a necessidade de a concluir, ampliar, modernizar ou face ao decaimento causado por acidentes naturais, ação do Homem e passar do tempo, quando existem já valores históricos e de antiguidade associados a essas construções. Restaurar significava pois inovação, apesar de assumir diferentes aparências [28]. Segundo Erwin Panofsky, foram três os modos particularmente seguidos por estes arquitetos, em Itália, a fim de se manterem fiéis aos postulados clássicos e resolverem a questão da “conformidade”: recobrimento, continuidade e compromisso.

Também em Portugal se reconhecem exemplos que obedecem a estes critérios de atuação, implicando um conhecimento muito próximo da prática italiana. Da observação das intervenções sobre preexistências na época moderna, de acordo com estes modos, predomina um sentido warburgiano de continuidade ao invés de rotura, impondo a avaliação crítica da unidade estilística em moldes próprios, muito antes da época contemporânea, onde nos habituámos a discuti-la.

O entendimento da génese de um pensamento articulado e da conseqüente ação em termos de intervenção sobre preexistências em Portugal será fortalecido com a identificação de mais exemplos de estudo, segundo a avaliação agora proposta. O seu domínio contribuirá para um mais sólido conhecimento da história e teoria do restauro nacionais anterior ao século XIX e irá permitir olhar estes monumentos sob uma nova perspectiva a ter em conta em futuras intervenções.

REFERÊNCIAS

- Riveira Blanco, J., *De varia restauratione: teoría e historia de la restauración arquitectónica*, R & R - Restauración y Rehabilitación, Valladolid (2001).
- Alberti, L. B., *Da arte edificatória*, trad. A. Espírito Santo, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2011).
- Panofsky, E., *Meaning in the visual arts. Papers in and on art history*, Anchor Books Edition, New York (1955).
- Jokilehto, J., *History of Architectural Conservation*, Routledge, London (2002).
- Vasari, G., *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*, Appresso i Giunti, Firenze (1568), <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k54558939.texteImage> (acesso em 2022-1-5).
- Palladio, A., *I Quattro libri dell'architettura*, Appresso Dominico de' Franceschi, Venezia (1570), <http://rarebookroom.org/Control/pldarc/index.html> (acesso em 2022-1-5).
- Serlio, S., *Tutte l'opere d'architettura et prospetiva*, Francesco de Franceschi, Venezia (1600), <https://www.e-rara.ch/zut/doi/10.3931/e-rara-370> (acesso em 2022-1-5).
- 'Parere di Bramante sul tiburio progettato dall' Amadeo pel Duomo di Milano', *Archivio Storico Lombardo*, Anno V, fase. III (1878) 539.
- Abreu, S. M., 'A obra do arquitecto italiano Francesco da Cremona (c.1480-c.1550) em Portugal: novas pistas de investigação', in *A Encomenda. O artista. A obra*, ed. N. M. Ferreira-Alves, CEPESE, Porto (2010) 557-583.
- Deswarte, S., *Il "perfetto cortegiano" D. Miguel da Silva*, Bulzone Editore, Roma (1989).
- Moreira, R., 'D. Miguel da Silva e as origens da arquitectura do Renascimento em Portugal', *Mundo da Arte* 1 (1988) 5-24.
- Serrão, V., *História da arte em Portugal - o Renascimento e o Maneirismo*, Editorial Presença, Lisboa (2002).
- Botelho, M., imagem: Claustro Sé de Viseu, in *Multimédia na categoria "Cloister of Sé (Viseu)"*, [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Cloister_of_S%C3%A9_\(Viseu\)#/media/File:1_Claustro_S%C3%A9_de_Viseu_IMG_2174.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Cloister_of_S%C3%A9_(Viseu)#/media/File:1_Claustro_S%C3%A9_de_Viseu_IMG_2174.jpg) (acesso em 2022-3-7).
- Sé de Viseu - Boletim da Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais* 122, MOP, Porto (1965).
- Alves, C. F., *Os Monumentos Nacionais e a (des)construção da História. A Sé de Viseu*, Dissertação de Mestrado, História da Arte, Universidade de Coimbra, Coimbra (2009).
- Guimarães, V., *O Claustro de D. João III em Tomar*, Edições Pátria, Gaia (1931).
- Neto, M. J.; Soares, C. M., *O Mosteiro dos Jerónimos. Arte, Memória e Identidade*, Caleidoscópio, Lisboa (2013).

18. Serrão, V., 'Impactos do Concílio de Trento na Arte Portuguesa entre o Maneirismo e o Barroco (1563-1750)', in *Actas do Seminário no âmbito das comemorações dos 450 anos sobre a clausura do Concílio de Trento, 1545-1563*, ed. José Pedro Paiva, Centro de Estudos de História Religiosa da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa (2018) 103-132.
19. Cocheril, M., *Routier des Abbayes Cistercienses du Portugal*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1978).
20. Gambini, L.; Soares, J. N., 'Mosteiro de Santa Maria de Salzedas: o enigma das origens, campanhas artísticas reformulações estéticas ... viagens e revisitações', in *Cister Espaços, Territórios, Paisagens*, I, IPPAR, Lisboa (2000) 283-296.
21. Carvalho, A., *D. João V e a Arte de seu Tempo*, Mafra Agrícola, Mafra (1962).
22. Gomes, P. V., 'O caso de Carlo Gimach (1651-1730) e a historiografia da arquitetura portuguesa', *Museu* **IV**(5)(1996) 141-156.
23. Rocha, J. M., 'Aspectos artísticos e estéticos na obra do Arquitecto Carlos Gimac', in *Artistas e artífices: e a sua mobilidade no mundo de expressão portuguesa, Actas do VII Colóquio Luso-Brasileiro de História da Arte*, FLUP, Porto (2007) 309-320.
24. Vinhas, J., *A Igreja e o Convento de Vilar de Frades - Das origens da congregação dos Cónegos Seculares de São João Evangelista (Lóios) à Extinção do Convento. 1425-1834*, Dissertação de Mestrado, História da Arte, Universidade do Porto, Porto (1996).
25. Pereira, A.; Ribeiro, M. C., 'A evolução construtiva da Igreja do Convento de Vilar de Frades. Abordagem preliminar do corpo seiscentista', in *2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira. Culturas Partilhadas, Livro de Actas*, I, Centro de Estudos de Arquitetura e Urbanismo, FAUP, Porto (2016) 129-142.
26. Oliveira, L., 'O claustro do Mosteiro de Santa Maria de Belém: da fundação ao século XVIII', in *Mosteiro dos Jerónimos a Intervenção de Conservação do Claustro*, IPPAR, Lisboa (2006) 21-57.
27. Mendes, R., 'Giuseppe Nelli, um escultor e arquitecto italiano, e a estatuária da fachada da Igreja do Mosteiro de Santa Maria de Alcobaça (1708-1714)', *História e Património. Um Blog sobre História e Património Local: arquitectura, arte e património religioso*, <https://historiapatrimonio.blogspot.com/2021/03/giuseppenelli-e-estatuaria-da-fachada.html>. (acesso em 2022-2-14).
28. Miarelli-Mariani, G., 'Historia de los criterios de intervención en el Patrimonio Arquitectónico', in *Monumentos y Proyecto. Jornadas sobre criterios de intervención en el Patrimonio Arquitectónico*, Ministerio de Cultura. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid (1990) 14-20.

RECEBIDO: 2022.3.10

REVISTO: 2022.9.22

ACEITE: 2023.2.24

ONLINE: 2023.5.29



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>

Estudios geológicos, biológicos y físico-químicos para la conservación y restauración de la fuente de la plaza Weyler (Santa Cruz de Tenerife, España)

Estudos geológicos, biológicos e físico-químicos para a conservação e restauro da fonte na praça Weyler (Santa Cruz de Tenerife, Espanha)

Geological, biological and physical-chemical studies for the conservation and restoration of the fountain in Weyler Square (Santa Cruz de Tenerife, Spain)

Resumen

El texto expone el conjunto de estudios previos para la conservación y restauración de la fuente de la plaza Weyler (Santa Cruz de Tenerife). La metodología de trabajo tiene un carácter interdisciplinar con el objeto de identificar y caracterizar los materiales constructivos y los productos generados en los procesos de alteración para determinar los mecanismos y causas de deterioro. Así, se han identificado dos mármoles de distinta procedencia pertenecientes a dos fases constructivas de la citada plaza, un mortero tradicional de cal y arena como argamasa, concreciones calcáreas producto de las filtraciones y colonización biológica de microalgas. También se han utilizado metodologías de análisis no invasivas para conocer el alcance de determinadas patologías. De esta forma, se podrá definir una propuesta de actuación específica para las patologías que afectan a nuestro bien cultural.

Resumo

Este trabalho apresenta o conjunto de estudos preliminares para a conservação e restauro da fonte na praça de Weyler (Santa Cruz de Tenerife). A metodologia de trabalho tem um carácter interdisciplinar com o objetivo de identificar e caracterizar os materiais de construção e os produtos de alteração, a fim de determinar os mecanismos e as causas de deterioração. Foram identificados dois mármore de origens diferentes pertencentes a duas fases de construção da referida praça, uma argamassa tradicional de cal e areia como argamassa, concreções calcárias resultantes de filtrações e colonização biológica por microalgas. Foram também utilizadas metodologias de análise não invasivas para determinar a extensão de certas patologias. Desta forma, será possível definir uma proposta de ação específica para as patologias que afetam o nosso património.

Abstract

This work presents the set of preliminary studies for the conservation and restoration of the fountain in plaza Weyler (Santa Cruz de Tenerife). The working methodology is interdisciplinary and aims to identify and characterize the construction materials, along with the products generated in the alteration processes, to determine the mechanisms and causes of deterioration. Two marbles of different origins belonging to two construction phases of the aforementioned square, a traditional mortar of limestone and sand as mortar, calcareous concretions resulting from filtrations and biological colonization by microalgae have been identified. A method of non-invasive analysis has been used to determine the extent of certain pathologies. In this way, it will be possible to define a specific proposal of action to deal with the pathologies affecting this cultural asset.

ANTONIO-J. SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ^{1*}
MARÍA FERNANDA GUTIÁN GARRE¹
FÉLIX MATEOS REDONDO²
ANAMARÍA LOSADA LIMA³
ISRAEL PÉREZ VARGAS³
NEREIDA RANCEL RODRÍGUEZ³
JOSÉ YERAY SANTOS SANTANA⁴
JUAN ANTONIO ÁLVAREZ RODRÍGUEZ¹

1. Departamento de Bellas Artes, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España
 2. Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, Oviedo, España
 3. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España
 4. Jose Yeray Arquitecto, Pasaje San Fernando, 3. 38293. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España
 *asanchez@ull.edu.es

PALABRAS-CLAVE

Santa Cruz de Tenerife
 Siglo XIX
 Bien de interés cultural
 Caracterización de materiales
 Estudios biológicos

PALAVRAS-CHAVE

Santa Cruz de Tenerife
 Século XIX
 Bem de interesse cultural
 Caracterização de materiais
 Estudos biológicos

KEYWORDS

Santa Cruz de Tenerife
 19th century
 Assets of cultural interest
 Characterization of materials
 Biological studies

Introducción

El presente texto expone los estudios previos de la fuente pública de la plaza Weyler (Santa Cruz de Tenerife, España) para comprender su estado de conservación actual. Este diagnóstico es fundamental para poder establecer una correcta propuesta de tratamiento (Figura 1).

Este análisis tiene un carácter interdisciplinar, prescrito desde la Conferencia de Atenas para la Restauración de Monumentos Históricos de 1931, que recomienda “la colaboración (...) de los conservadores de los monumentos y de los arquitectos con los representantes de las ciencias físicas, químicas, naturales, para alcanzar resultados seguros” [1]. De la misma manera, se pronuncia la Carta de Venecia, de modo que “la conservación y restauración de los monumentos constituyen una disciplina que se sirve de todas las ciencias y técnicas que puedan contribuir al estudio y a la salvaguardia del patrimonio monumental” [2].

De este modo, por un lado, se ha abordado la caracterización petrofísica básica que se articula como una herramienta indispensable para determinar las propiedades intrínsecas de los materiales constructivos. Cabe resaltar también, que los datos derivados de estos análisis constituyen, una información adicional de carácter práctico, a la hora de proponer materiales de sustitución o reintegración y tratamientos de conservación, compatibles con los originales, así como para establecer su durabilidad. Igualmente, se presenta un conjunto de técnicas auxiliares no intrusivas: termografía y análisis por imagen con la aplicación *DStretch* [3]. Se propone determinar las posibilidades de uso de estas técnicas.

Por último, entendemos que el registro de la información documental tiene un nivel de detalle suficiente para proporcionar información sobre el proceso de identificación, comprensión e interpretación del bien cultural para su conservación y restauración como recomienda ICOMOS [4].

Contextualización histórico-artística

La plaza de Weyler es una plaza pública cuadrangular, con un paseo perimetral y accesos por las diagonales con parterres trapezoidales ajardinados. La fuente escultórica (Figura 1 y 2) se ubica en su centro y el conjunto se remata con cuatro maceteros escultóricos con frutas, no incluidos en el diseño primitivo. Está incluida en el Catálogo de Protección en el Plan General de Ordenación de Santa Cruz de Tenerife y está declarada Bien de Interés Cultural, al ser incluida en la delimitación del Conjunto Histórico de Barrio de Los Hoteles-Pino de Oro, (expediente sobre la modificación de la delimitación del Bien de Interés Cultural incoado según BOC nº 4, de 8 de enero de 2021).

El origen de esta fuente está vinculada al desarrollismo urbano de Santa Cruz de Tenerife y, más concretamente, con la edificación de Capitanía General de Canarias y con la alcaldía de D. Pedro Schwartz y Mattos (1854-1940) [5]. En 1878, el nuevo jefe militar de Canarias, Valeriano Weyler, promueve la demolición del antiguo Hospital para adecuar estratégicamente la sede de Capitanía. Al tiempo que se construía el edificio de líneas clásicas de Capitanía, se regulaba la plaza como una antesala que potenciaba el edificio militar [6]. Así, la plaza del antiguo Hospital tenía una planta irregular cerrada por diversos solares. Previamente, encargado por la Sociedad de Edificación y Reformas Urbanas (SERU) en 1872, Francisco Aguilar proyectaba la urbanización de este espacio. No obstante, Vicente Armiño, arquitecto municipal, ideó esta plaza en la superficie de titularidad militar [6].

En 1904, se firmó un proyecto que acotaba el espacio público de la misma y “comprendía la terminación de los muros que rodean la parte central de la plaza, coronándolos con losetones de sillería procedentes de las canteras de El Sauzal, y revistiéndolos interiormente con losa blanca de Granadilla” [7], aunque posteriormente dicha área se redujo con la reforma que realizó el arquitecto Antonio Pintor en 1925 por el lado del sureste, para darle una mayor curvatura y ensanchar la calle próxima [6]. En 1944, el proyecto del arquitecto municipal Enrique Rumeu de Armas reforma el lateral oeste para ensanchar la calle de Galcerán [6]. Con

la aprobación del Plan General de la ciudad en 1957 se realiza el remozamiento de la plaza Weyler para favorecer su función representativa y comercial [6].



Figura 1. Vista general de la fuente de la plaza Weyler.

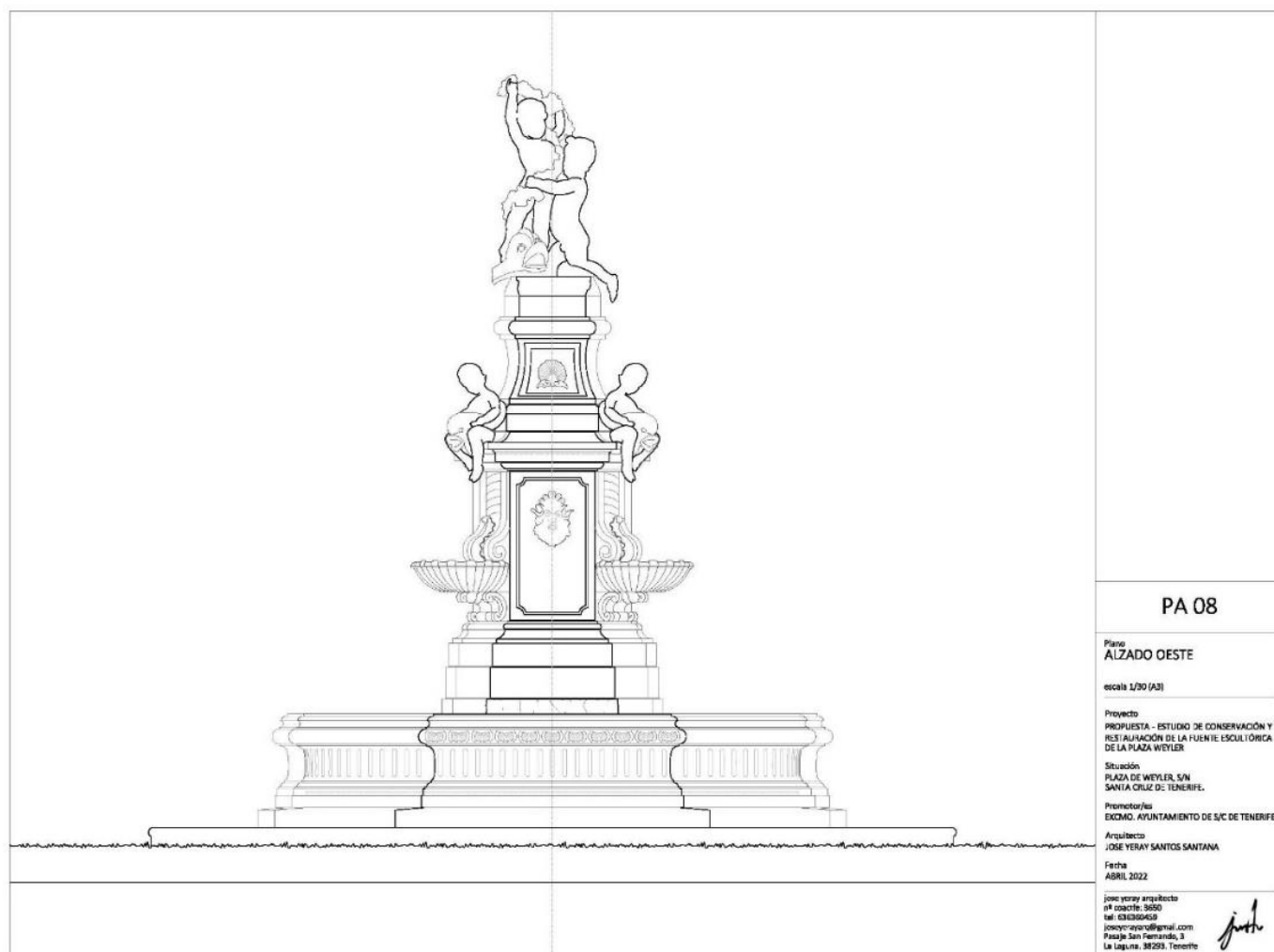


Figura 2. Alzado de la fuente.

El precedente de la actual fuente fue un pequeño estanque con un surtidor [5]. La colocación de la fuente se establece en junio de 1899 [8] pero su puesta en marcha como tal no se produciría hasta el mes octubre con la terminación de las conexiones y otras obras auxiliares [9]. La fontana costó 11.380 liras italianas, según el contrato hecho el 22 de octubre de 1898. A esta cantidad habría que sumarle el transporte y la prima del seguro marítimo por lo que la fuente costó aproximadamente 16.000 pesetas [10]. El pago se fraccionó y el Ayuntamiento realizó subastas para costear parte de la cuantía final [11]. La hemeroteca describe los problemas que supusieron algunos de estos plazos [12] y la batalla política que desencadenó, terminando la financiación a finales de julio de 1899 [13].

La firma de la autoría de la fuente escultórica está labrada en el flanco oeste del monumento. En letras mayúsculas se lee “Achille Canessa Genova (Italia)”. Achille Canessa nació en Génova en 1856, dirigió un conocido taller en la ciudad italiana y falleció en la misma en 1905. Participó en las exposiciones de la *Società Promotrice di Belle Arti in Genova*, en los años 1886 y 1896, y en la gran Exposición Internacional de Chicago en 1893 [14].

Metodología

Para abordar un estudio previo de carácter interdisciplinar es necesario estructurar diferentes fases de trabajo. De esta forma, desarrollamos una documentación fotográfica técnica, una caracterización de materiales constituyentes y un análisis alterológico. Igualmente, se ha programado un repertorio de muestreo como refleja la Tabla 1.

Tabla 1. Programa de muestreo de la fuente de la plaza Weyler.

Muestra	Descripción
M1	Material pétreo (fuente)
M2	Material pétreo (maceteros)
M3	Mortero de juntas
M4	Concreciones exterior de la taza
M5	Depósitos marrones/anaranjados
M6	Concreciones interior de la taza
M7	Zona húmeda con manchas verdes sobre el pavimento anexo a la fuente
M8	Manchas de color marrón oscuro en superficie exterior de la fuente
M9	Manchas de color marrón/anaranjado en superficie exterior de la fuente

Por otra parte, en la documentación fotográfica general, se ha realizado una gestión del color [15] para un registro preciso:

- se han tomado imágenes en formato RAW;
- se ha utilizado la carta *Xrite Colorchecker Passport*, posterior a 2014;
- conversión al formato DNG y creación de perfil con el programa *ColorChecker Camera Calibration*;
- calibración de todas las fotografías con *Adobe Lightroom*.

Caracterización de los materiales constructivos

En la caracterización petrofísica básica y para la caracterización de morteros originales (para establecer su naturaleza y dosificación) se ha utilizado la microscopía estereoscópica (LB), óptica de polarización (POL) y electrónica de barrido con dispersión de rayos X (SEM/EDX).

Para la toma de muestra se procedió a la extracción de material representativo y original de cada una de las tipologías de piedra detectadas, recurriendo a pequeños fragmentos que por su estado de deterioro deban ser retirados o sustituidos. Los volúmenes de muestra extraídos han sido los estrictamente necesarios para la realización de los ensayos.

Análisis alterológico

En el análisis alterológico, realizado en distintas fases, se han aplicado varias técnicas en función del tipo de patología a analizar.

Análisis morfo-químico

Con carácter general, las muestras se han observado de forma macroscópica y al microscopio electrónico de barrido (SEM) con microanálisis por energía de dispersión de rayos X asociado (EDX) que permite obtener información morfo-químico de los productos de alteración y con la medida de la conductividad eléctrica de muestras susceptibles de contener sales solubles (piedra y morteros). Los depósitos superficiales, en forma de costras o manchas anaranjadas, se han analizado por difracción de rayos X (DRX). Estas últimas se han realizado en el Servicio de Difracción de Rayos X y Análisis por Fluorescencia del Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de Zaragoza. Los datos se han recogido a temperatura ambiente usando un difractómetro RIGAKU, modelo D/max 2500, provisto de un ánodo rotante. El difractómetro funciona a 40 Kv y 80 mA con un ánodo de Cu y se utiliza un monocromador de grafito para seleccionar la radiación $K\alpha$. Condiciones de medida de 2θ 5° a 70° step=0,03° t=1s/step. Para la determinación de fases se ha utilizado la base de datos JCPDS-International Centre for Diffraction Data- 2000.

Análisis biológico

La superficie de la fuente se inspeccionó para la detección de cambios cromáticos que pudieran indicar la existencia de organismos. No se detectó la presencia de macroorganismos (briófitos y/o líquenes), y se procedió a la toma de pequeñas muestras de material presumiblemente

biológico en los puntos en los que se detectaron estas manchas (Tabla 1, muestras M7 a M10), empleando procedimientos normalizados de trabajo no invasivos establecidos por la Federación Mundial de Colecciones Cultivo. Las muestras se trasladaron al laboratorio del área de Botánica del Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad de La Laguna (ULL), donde se realizaron los procesos de identificación, aislamiento, conservación, caracterización y catalogación de las microalgas recolectadas.

Con objeto de favorecer el crecimiento de las microalgas, un fragmento de cada muestra recolectada, tanto en la parte exterior como en superficies coloreadas de la fuente, se sometió a la técnica de enriquecimiento con dos medios de cultivo diferentes: BG11_{o-H}, específico para cianobacterias y BBM con una cantidad extra de vitaminas, que favorece en mayor medida el desarrollo de las algas verdes. Una vez que los medios de cultivo se encontraban estériles y a temperatura ambiente, se procedió a su introducción en placas de Petri de 6 mm bajo condiciones de esterilidad en la cabina de flujo laminar (Nüve MN I 20, Erlab) para así garantizar las condiciones de asepsia. A continuación, se sellaron las placas con Parafilm para garantizar su aislamiento y, por último, se rotuló cada una de ellas, con el número de muestra, fecha de enriquecimiento y lugar de muestreo en la fuente.

Las muestras enriquecidas se mantuvieron en una cámara de cultivo a una temperatura de 20-23 °C, bajo un régimen lumínico de 14 h de luz/9 h de oscuridad y una intensidad lumínica de 2-20 $\mu\text{mol de fotones} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ proporcionada por unos tubos de luz blanca (ST8V-EM 16.2 W 1200mm, Osram) durante 4 semanas.

Los enriquecimientos fueron revisados al microscopio cada 5 días con el fin de observar e identificar las microalgas que se desarrollaron en cada placa de Petri. La identificación taxonómica se realizó bajo un microscopio invertido (Leica DM 500 Microsystems, Wetzlar, Alemania). Se observó la morfología de las diferentes microalgas detectadas y se realizaron medidas para, mediante el uso de claves y monografías, proceder a su identificación. Cabe destacar que ésta solo pudo hacerse hasta el nivel de género.

Análisis geométrico

Se han realizado una serie de registros geométricos, a modo de dato histórico, que muestran las deformaciones recogidas en la fecha actual. Para la toma de datos se ha utilizado flexómetro y distanciómetro láser. Se estableció un barrido de medidas más representativo para caracterizar la estática de la estructura de la fuente.

Igualmente, se ha determinado una codificación de colores: en verde se muestran las dimensiones que son proporcionales con su lado opuesto y en color rojo, aparecen las magnitudes que contrastan con su lado opuesto, indicando una diferencia. Posteriormente, con otros indicativos visuales se determinará si es fruto de una colocación original incorrecta o de la presencia de un desequilibrio.

Análisis por imagen

Con el objeto de completar estos estudios previos y desde un carácter no invasivo, tratamos de utilizar la dimensión del color para evaluar y comprender visualmente el alcance real de algunas patologías de la fuente (filtraciones o manchas anaranjadas) e interpretar su verdadero alcance. Para este fin se ha utilizado la aplicación informática *DStretch* y la cámara termográfica.

DStretch es una herramienta diseñada por Jon Harman [3]. Actualmente, tiene dos versiones: una extensión para el programa *ImageJ* y como aplicación móvil con el nombre de *aDStretch*. Esta herramienta trata de mejorar el color de una imagen digital y está ideada inicialmente para el estudio del arte rupestre: facilita la lectura visual de casos en los que aparentemente no es posible ver las formas. En nuestro caso, esta detección tiene la utilidad de poder ajustar la cartografía de daños en programas vectoriales. Igualmente, nos puede orientar en los resultados del testado de la limpieza al valorar cualitativamente los sistemas propuestos. Se ha utilizado la versión móvil y para potencial las zonas afectadas anaranjadas no se usó los espacios que mejoran los rojos o amarillos, sino que mejoramos los espacios de color blanco

(YWE) por ser el color del material constituyente de la fuente buscando la diferenciación con el área de extensión patológica. También se establecieron los siguientes parámetros: Escala, 15; Saturación, 1; MPixel Limit, 4.

Por último, la termografía es una técnica que permite recoger la temperatura superficial de un objeto, en el rango de infrarrojos, ofreciendo un termograma en el que cada color representa dicha temperatura superficial. Se ha aplicado para evaluar el comportamiento térmico de las zonas de unión de los módulos que conforman la fontana y detectar la extensión de las filtraciones. Se ha empleado una cámara termográfica PCE-TC 33N, con una precisión máxima de ± 2 °C y con una sensibilidad inferior a 0,1 °C.

Resultados

Caracterización de materiales constructivos

Caracterización de material pétreo

Macroscópicamente la muestra M1 (Tabla 1) corresponde con una roca de aspecto cristalino y tonos blanquecinos, homogénea, compacta y coherente, donde en corte fresco como en corte de sierra se llegan a apreciar cristales micrométricos de calcita. Microscópicamente, bajo microscopía óptica de polarización (POL), la piedra estudiada presenta una textura granoblástica, representada por un conjunto de blastos carbonatados ligeramente heterométricos, con una distribución de tamaños que oscila entre 50 y 500 μm , situándose el valor medio próximo a 200 μm . Los cristales muestran morfologías fundamentalmente subhedrales, con contactos que varían desde suturados a rectos, formando frecuentes puntos tripes (Figura 3 y 4).

Los granos minerales representan el 99 % del volumen de la roca, estando constituidos fundamentalmente por cristales de calcita (97-98 %). En la sección delgada observada no se observan otros minerales, si bien bajo microscopía electrónica de barrido y microanálisis por energía dispersiva de rayos X (Figura 5) se pueden observar algunos cristales de dolomita (1 %). Igualmente, macroscópicamente (Figura 3) se observan algunos minerales accesorios que parecen corresponder con moscovita, pirita, hematites y/o magnetita.

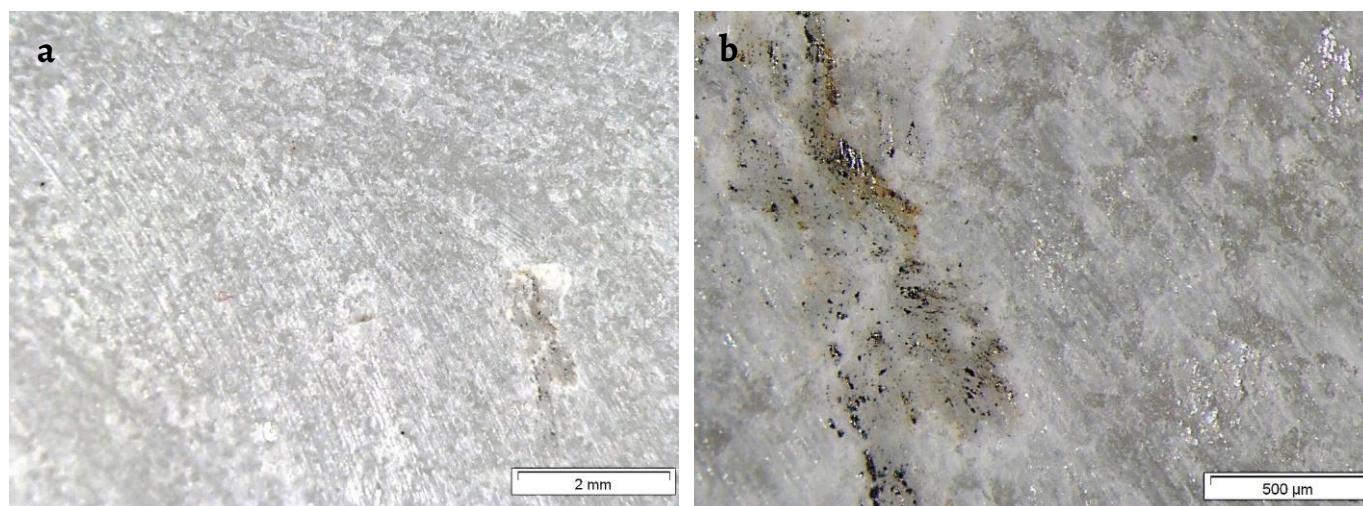


Figura 3. Aspecto en detalle en superficie de corte de sierra a distintos aumentos de la muestra M1: a) 10 aumentos y b) 100 aumentos. A estas escalas de observación, se llegan a percibir de manera individualizada escasos cristales de la calcita que conforma esta roca metamórfica, y en determinadas zonas, se detectan escasos moteados micrométricos de cristales de tonalidad negruzca y parda en menor medida.

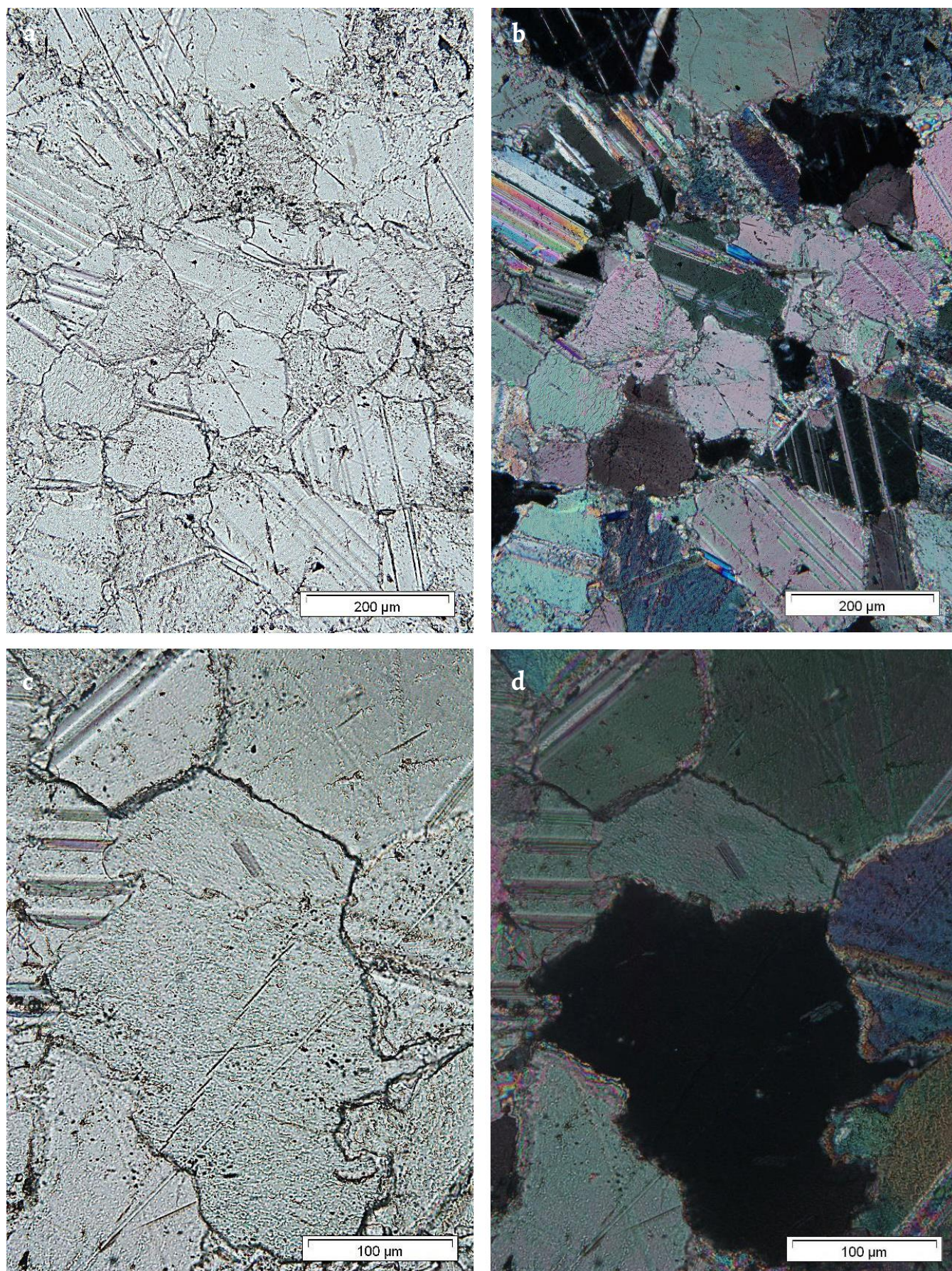


Figura 4. Aspecto detallado de la textura del mármol M1 observada al microscopio óptico de polarización. Las microfotografías permiten observar con claridad los blastos de calcita de morfologías subhedrales y con frecuentes puntos triples en sus contactos. *a)* Microfotografía tomada a 200 aumentos bajo nicols paralelos; *b)* Misma microfotografía bajo nicols cruzados; *c)* Microfotografía tomada a 400 aumentos bajo nicols paralelos; *d)* Misma microfotografía bajo nicols cruzados.

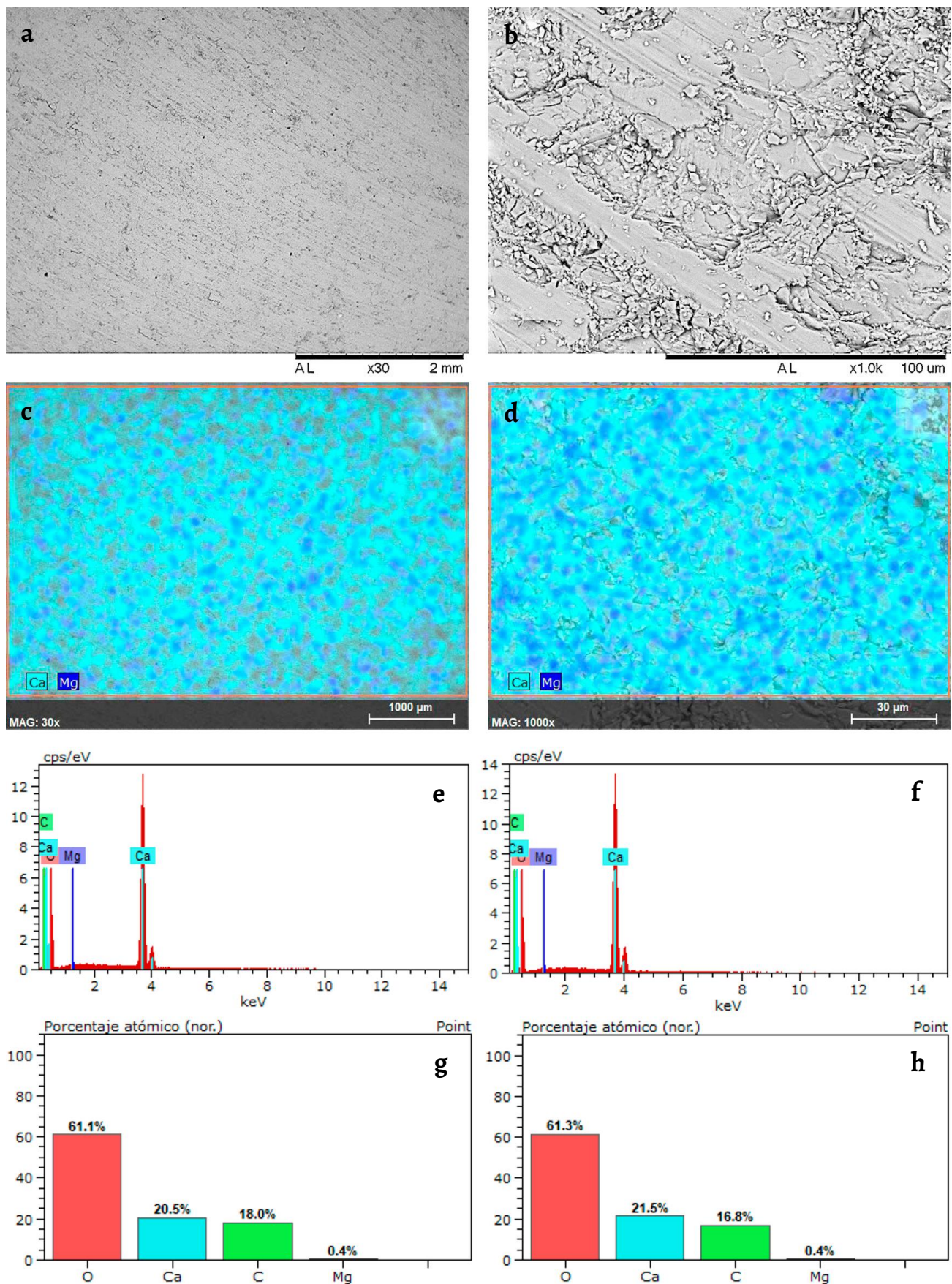


Figura 5. Resumen general de análisis del sustrato pétreo de la muestra M1. Se confirma la composición a base de carbonato cálcico, y se detectan trazas de carbonato cálcico-magnésico (dolomita). *a) y b)* Micrografías a distintos aumentos; *c) y d)* Análisis y mapeos morfoquímicos elementales mediante EDX (C - carbono, Ca - calcio, O - oxígeno, Mg - magnesio); *e) y f)* Difractogramas de dos puntos de la misma muestra; *g) y h)* Resultados de los análisis, en porcentajes de composición, de dos puntos de la muestra con fluorescencia de RX.

El resto del volumen poroso de la roca estaría representado por espacios vacíos tipo microfisura, con valores de porosidad aparente al POL que se sitúan por debajo de 1 %, principalmente representado por microfisuras de tipo intercristalinas. De acuerdo con su textura y su composición esta roca metamórfica se puede clasificar como un mármol y, atendiendo a sus principales características petrográficas, se deduce que se corresponde con un mármol de Carrara.

Macroscópicamente, la muestra M2 (Tabla 1) corresponde con una roca de aspecto cristalino y tonos blanquecinos, homogénea, compacta y coherente, donde tanto la superficie en corte fresco como en corte de sierra permiten observar cristales de calcita de tamaño micrométrico a milimétrico (Figura 6).

Los granos minerales representan el 99 % del volumen de la roca, estando constituidos fundamentalmente por cristales de calcita (95-96 %). En la sección delgada observada (de pequeñas dimensiones dado el pequeño tamaño de la muestra recibida) no se observan otros minerales, si bien bajo microscopía electrónica de barrido y microanálisis por energía dispersiva de rayos X (Figura 7) se pueden observar algunos cristales de dolomita (1 %) y silicatos de aluminio que corresponden con micas de tipo moscovita. Igualmente, macroscópicamente (Figura 6) se observan algunos minerales accesorios que parecen corresponder con óxidos de hierro (hematites). El resto del volumen poroso de la roca estaría representado por espacios vacíos tipo microfisura, con valores de porosidad aparente al POL que se sitúan por debajo de 1 %, principalmente representado por microfisuras de tipo intercristalinas y alguna intracristalina.

De acuerdo con su textura y su composición esta roca metamórfica se puede clasificar como un mármol y, atendiendo a sus principales características petrográficas, todo parece indicar que, a diferencia de la muestra M1, este mármol no se corresponde con un mármol de Carrara. Aunque el tamaño de muestra y la sección delgada observada es muy pequeña para poder discriminar con exactitud la procedencia del mármol, todo parece indicar que podría relacionarse con un mármol de Macael.

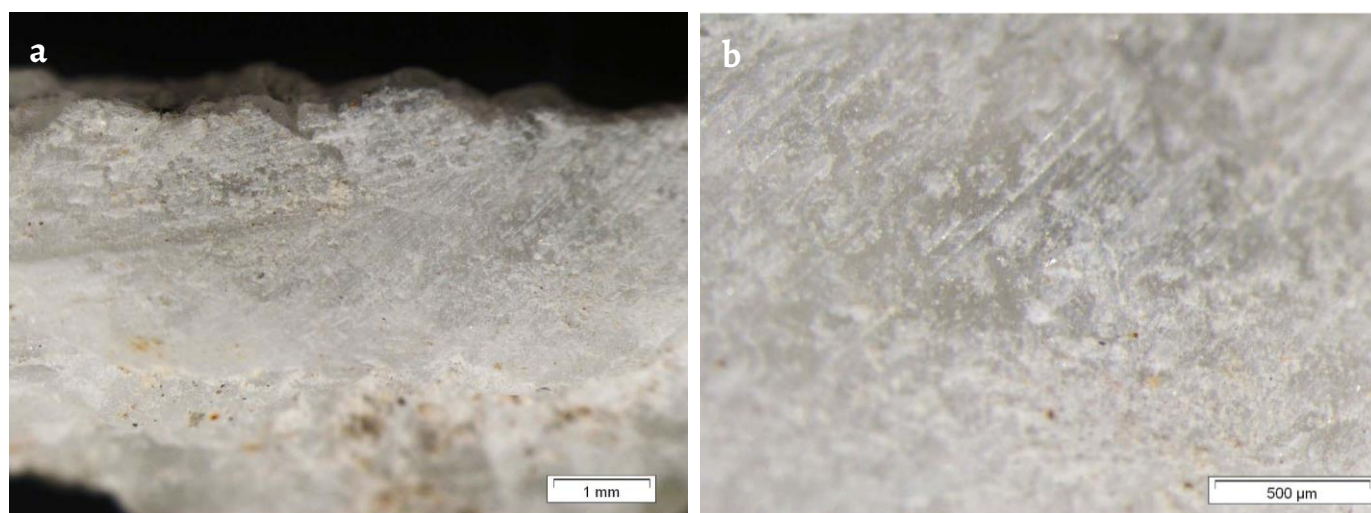


Figura 6. Aspecto en detalle en superficie de corte de sierra a distintos aumentos de la muestra M2: a) 10 aumentos y b) 100 aumentos. A estas escalas de observación, se llegan a observar de manera individualizada muchos de los cristales de calcita que componen esta roca metamórfica, y en determinadas zonas, se detectan escasos moteados micrométricos de cristales de tonalidad parduzca que corresponde con óxidos de hierro (hematites).

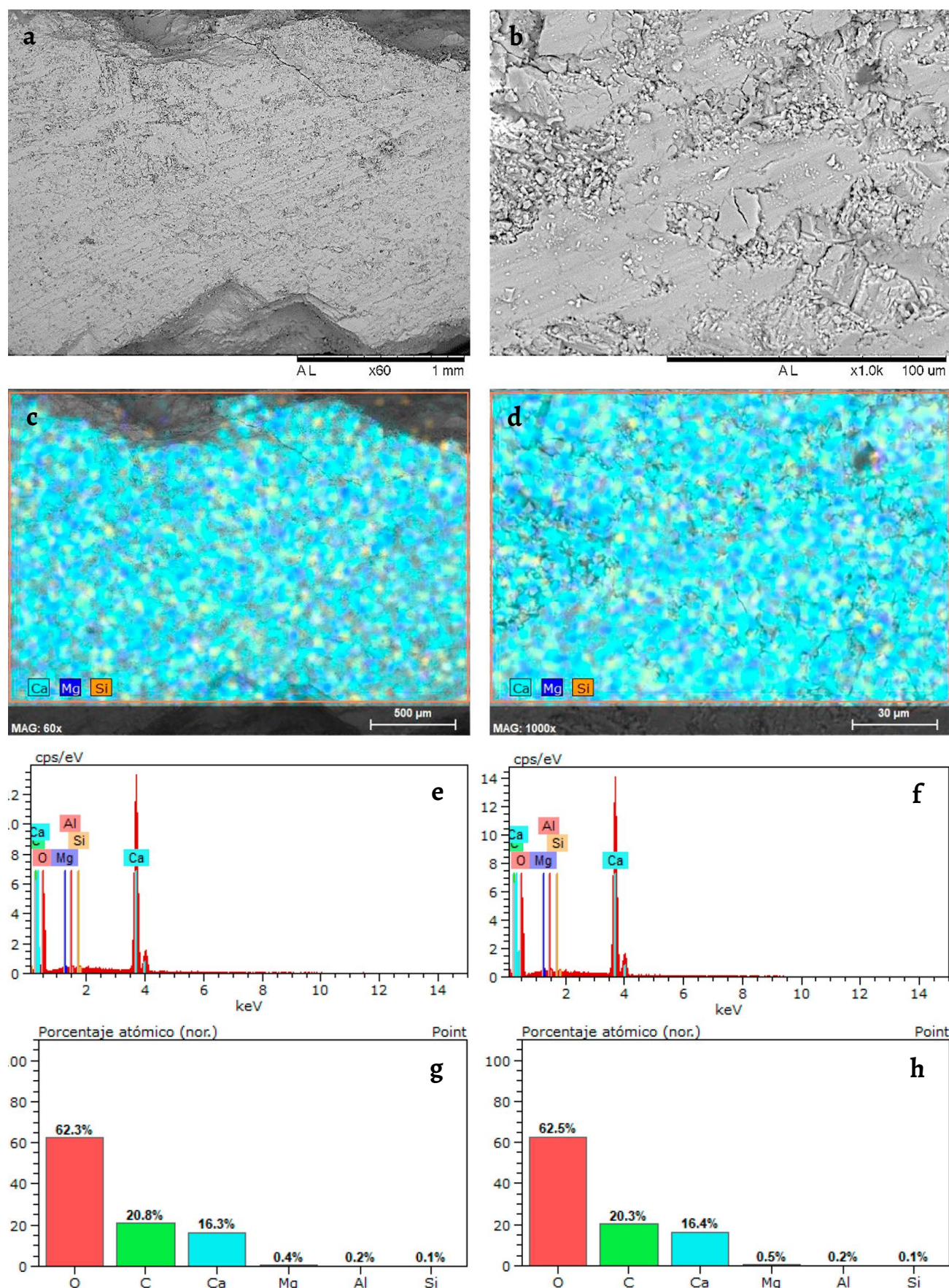


Figura 7. Resumen general de análisis del sustrato pétreo de la muestra M2. Se confirma la composición a base de carbonato cálcico, y se detectan trazas de carbonato cálcico-magnésico (dolomita) y silicatos de aluminio (micas). *a*) y *b*) Micrografías a distintos aumentos; *c*) y *d*) Análisis y mapeos morfoquímicos elementales mediante EDX (C- carbono, Ca - calcio, O - oxígeno, Mg - magnesio, Al - aluminio, Si - silicio); *e*) y *f*) Difractogramas de dos puntos de la misma muestra; *g*) y *h*) Resultados de los análisis, en porcentajes de composición, de dos puntos de la muestra con fluorescencia de RX.

Caracterización de material pétreo

La muestra M3 (Tabla 1) es una pequeña sección de mortero de juntas, en cuya parte más interna incluye un pequeño fragmento de piedra, probablemente insertado en la junta entre módulos a modo de cuña o material de relleno (Figura 8).

El mortero de juntas, con un color beige a grisáceo, muestra una textura claramente granosoportada, estando constituido por un árido arenoso de aspecto cristalino y coloraciones variables (anaranjadas, blanquecinas y/o grisáceas) englobados en una matriz de aspecto homogéneo y tono blanquecino (Figura 8). La relación árido/matriz, que ha sido deducida de las observaciones microscópicas a la lupa binocular y al SEM al no poder realizarse ataque ácido por el pequeño tamaño de la muestra recibida, se sitúa aproximadamente en 3:1, es decir, tres partes de árido y una de matriz. El árido constituyente del mortero presenta una naturaleza mayoritariamente silícea (cuarzo), con escasa presencia de algunos granos a base de silicatos de aluminio y hierro que corresponden con fragmentos de rocas volcánicas. La granulometría del árido es bimodal, con una familia de granos con tamaños comprendidos entre 80-100 μm y otra de mayor tamaño, con tamaños comprendidos entre 0,4 y 1 mm. La moda se situaría aproximadamente en 0,4-0,6 mm (arena media-gruesa). Los granos presentan morfologías variadas, de angulosas a subredondeadas y hábitos mayoritariamente equidimensionales (Figura 9).

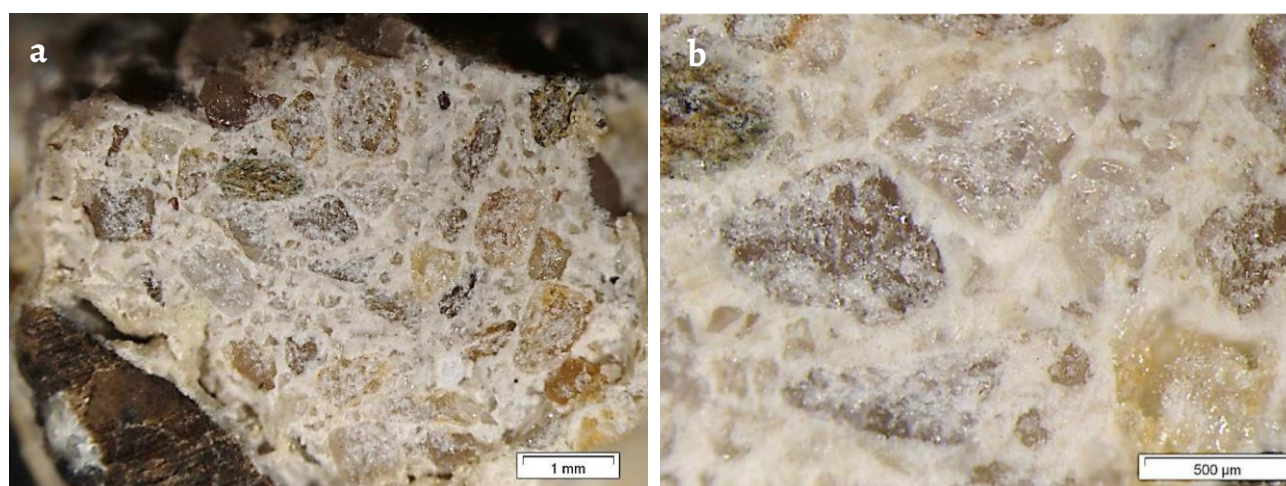


Figura 8. Aspecto bajo lupa binocular de una sección del mortero de juntas que conforman la muestra M3 a distintos aumentos: a) 10 aumentos y b) 100 aumentos. Se puede observar con claridad la presencia de una textura granosoportada donde un árido predominante aparece aglutinado por una matriz de naturaleza eminentemente carbonatada.

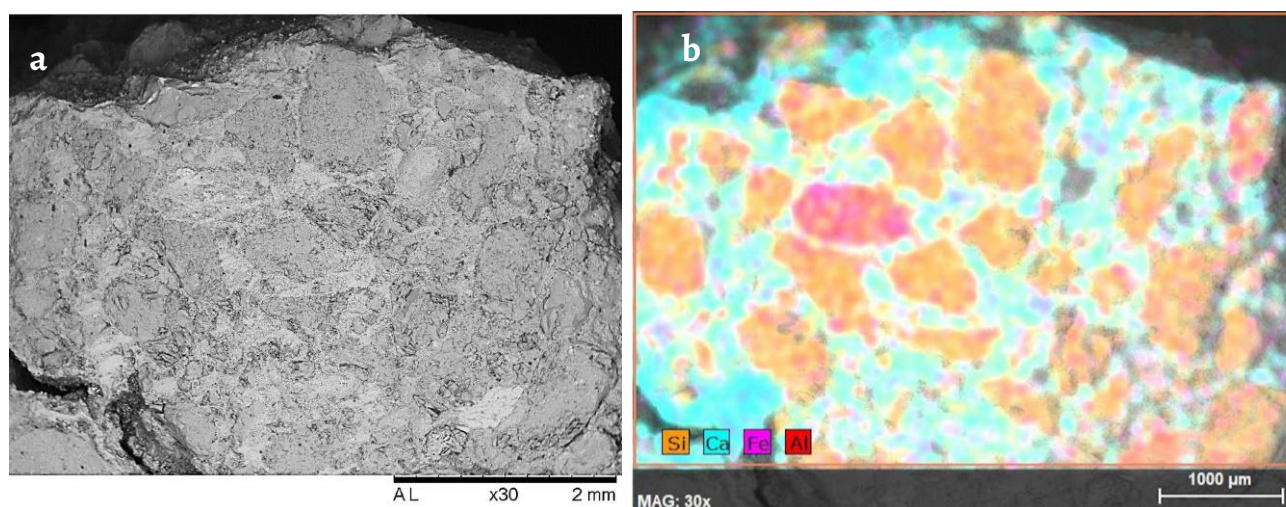


Figura 9. Mortero original de juntas (M3): a) Observación bajo SEM; b) Mapeo químico elemental mediante EDX, donde se puede observar con claridad el árido predominantemente silíceo (naranja) y escasos granos a base de Si, Fe y Al (silicatos de aluminio y hierro) aglomerados por una matriz de naturaleza carbonatada (azul).

Por su parte, la matriz que aglutina el árido presenta una naturaleza fundamentalmente cálcica con un pequeño contenido de aluminosilicatos (minerales arcillosos), lo que evidencia que se trata de una matriz a base de cal cálcica (Figura 10).

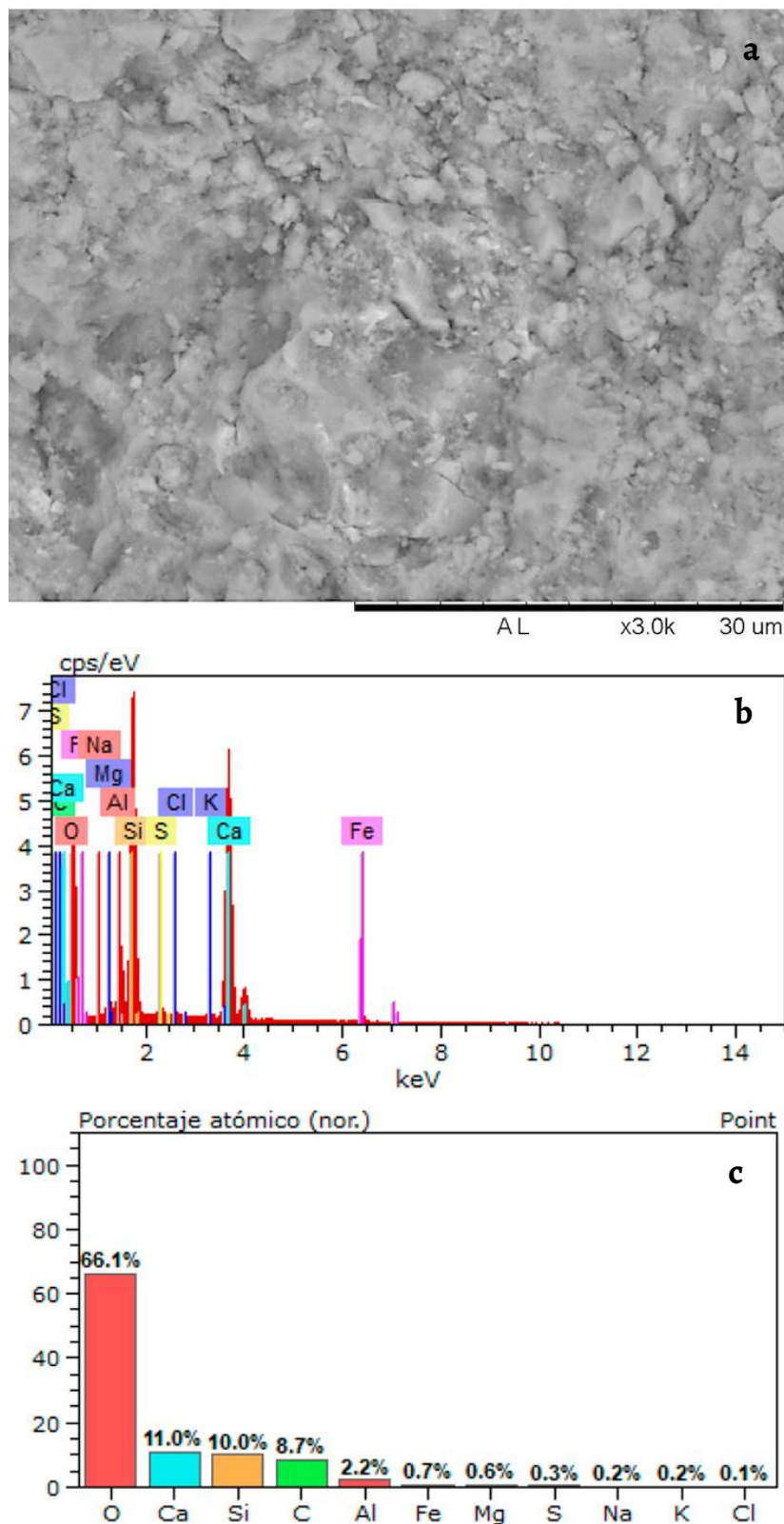


Figura 10. Resultados del microanálisis llevado a cabo sobre el mortero original de juntas (M3) que refleja su composición a base de carbonato cálcico (CaCO_3) y aluminosilicatos de Fe, K (potasio), Na (sodio) (minerales arcillosos). a) Observación detallada al SEM; b) Difractograma; c) Resultados de los análisis, en porcentajes de composición, de dos puntos de la muestra mediante fluorescencia de RX.

Análisis alterológico

Análisis de muestras (depósitos superficiales)

En la muestra M4 (Tabla 1), se observan los picos correspondientes a la calcita. En la M6 la fase cristalina principal es de calcita, pero también se observan picos de dolomita, cuarzo y talco. Se identifican como concreciones calcáreas con un origen claro en el proceso de precipitación, especialmente significativas en las zonas de unión de piezas de la fuente. Están asociadas a las filtraciones de humedad y generadas por la alta dureza de las aguas de suministro. Visualmente se perciben como una capa blanquecina-grisácea, mate y rugosa. La posible lixiviación de las incrustaciones de carbonatos provoca la degradación mecánica del soporte y la distorsión estética del bien cultural.

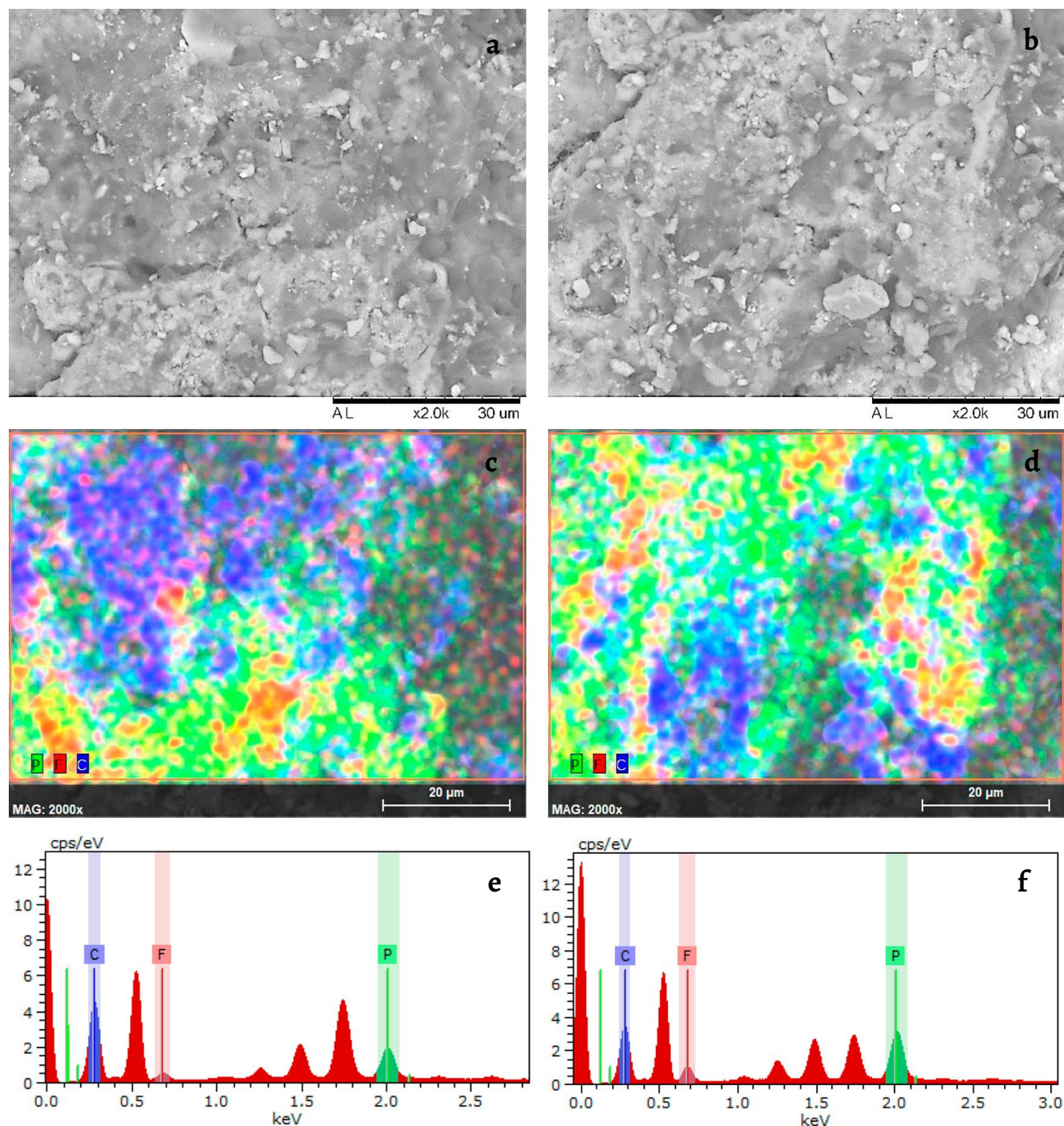


Figura 11. Muestra M1: a) y b) Micrografías de detalle al SEM de dos zonas de la muestra; c) y d) Mapeo químico elemental mediante EDX, donde se pueden observar restos vegetales (colores oscuros; compuestos por carbono (C) y restos de recubrimiento (colores claros; con presencia de fluór (F) y fósforo (P)); e) y f) Resultados de los análisis mediante DRX.

Igualmente, en el análisis de la muestra M5, que corresponde con las manchas anaranjadas superficiales, se observan dos fases: dolomita y calcita. Tienen poca cohesión y espesor.

Por otro lado, tal y como se viene observando en las sucesivas imágenes, mapeos elementales y microanálisis (SEM/EDX) llevadas a cabo en las superficies analizadas, la presencia de fósforo y flúor es constante, por lo que todo parece indicar, que en la superficie pétreo de la zona donde se ha extraído la muestra M1 se conservan restos de un antiguo tratamiento de conservación y/o restos de antiguas limpiezas químicas. A fin de verificar estas observaciones se ha seleccionado una zona de la superficie de la muestra donde la presencia de microorganismos es nula o mínima. Los resultados obtenidos corroboran la presencia de restos de lo que parece ser un antiguo tratamiento de conservación a base de fósforo y flúor (Figura 11).

La utilización de compuestos inorgánicos como tratamiento de consolidación ha sido muy común. No obstante, aunque en principio estos compuestos parecen de la misma naturaleza que la piedra, esta similitud es la que permite que se siga alterando de igual manera que antes de la consolidación. Así, con el ácido fluosilícico y los fluosilicatos se obtienen fluoruro cálcico y sílice, pero se forman costras delgadas, sales solubles como subproducto y otros depósitos superficiales que pueden generar tensiones internas y/o desprendimientos [16].

Análisis de colonización biológica

En primer lugar, queremos destacar que la fuente estaba totalmente limpia cuando se procedió al muestreo y que no había sido puesta en funcionamiento recientemente. Por lo tanto, no podemos demostrar que las microalgas que crecen en el enriquecimiento de las muestras provengan de la misma fuente, o se hayan depositado con el agua de lluvia, aves o incluso el viento. No obstante, sí se ha confirmado la colonización biológica en el contexto actual, con la recogida de muestras selectivas en distintas zonas representativas de la fuente como las veneras, zonas de juntas de la taza o en los laterales del pilar central. Asimismo, estos estudios se complementan con el análisis químico de los depósitos superficiales (ver la sección anterior) y con el análisis por imagen (sección *Análisis por imagen*). En la Figura 15 se puede observar el área de localización de los productos derivados del metabolismo de estas microalgas (manchas anaranjadas), que se corresponde con la zona de influencia de los surtidores de agua.

A continuación, exponemos los resultados de la identificación de las microalgas que se han desarrollado en los enriquecimientos descritos previamente. Todos los organismos identificados tanto en las muestras ambientales como en los enriquecimientos pertenecen a la División *Chlorophyta*.

La división *Chlorophyta* engloba organismos con morfologías diversas, siendo las más frecuentes las de tipo cocoide y las de tipo filamentosas. En ocasiones, estas células se pueden agregar formando colonias. La mayoría de sus representantes poseen almidón como fuente de reserva [17-18]. La división *Chlorophyta* (Eukaryota) está representada en este catálogo por tres órdenes y cuatro géneros: *Chlorellales* (*Chlorella* y *Oocystis*) (1), *Oedogoniales* (*Oedogonium*) (2) y *Sphaeropleales* (*Scenedesmus*) (3).

1) **Orden *Chlorellales* Bold & M.J.Wynne**, algas verdes unicelulares y coloniales, caracterizadas por carecer de la capacidad de formar zoosporas y solo unas pocas forman gametos flagelados. En la gran mayoría de los miembros, la reproducción está restringida a la formación de autosporas no móviles. Los miembros coloniales del orden forman frecuentemente cenobios. Las células son uninucleadas, con cloroplastos que suelen poseer pirenoides [19].

El género *Chlorella* Beijerinck (Familia *Chlorellaceae*; Clase *Trebouxiophyceae*) incluye organismos unicelulares y esféricos, cuya pared celular es delgada, lisa y con poca ornamentación. Normalmente, se encuentran de manera solitaria, pero pueden formar colonias, con o sin mucílago. Presentan un cloroplasto con un único pirenoide, normalmente parietal, que a veces puede estar rodeado por gránulos de almidón. Presenta reproducción

asexual mediante autosporas, que se liberan a través de una abertura en la pared de la célula madre.

Basándonos en las medidas realizadas de los representantes de este género hallados en el enriquecimiento, que oscilan aproximadamente entre 2 y 13 μm , se pueden diferenciar de forma tentativa tres especies, ya que se necesitan trabajos de aislamiento, cultivo y técnicas moleculares para confirmar su identificación (Figura 13d) [18, 20-24].

Oocystis Nägeli ex A. Braun (Familia *Oocystaceae*; Clase *Trebouxiophyceae*) son algas unicelulares, pequeñas, con morfología elíptica o esférica, sus extremos son redondeados o agudos. La pared celular es lisa y no presenta ornamentación, aunque en ocasiones puede ensancharse en los ápices. Normalmente son células solitarias, sin embargo, a veces forman colonias dentro de un mucílago común. Sus células pueden tener uno o más cloroplastos parietales. Éstos pueden presentar pirenoides o no. Puede desarrollar acinetos en condiciones desfavorables. Su reproducción asexual tiene lugar por autosporas que se liberan a través de una rotura en la pared de la célula madre. Teniendo en cuenta las medidas realizadas en los distintos enriquecimientos, que oscilan aproximadamente entre 2 y 17 μm , se pueden diferenciar de manera preliminar, cuatro especies de este género, ya que son necesarios trabajos de aislamiento, cultivo y técnicas moleculares para confirmar su correcta identificación (Figura 13c) [18, 20-22, 24].

2) **Orden Oedogoniales Heering**, incluye algas verdes con morfología esencialmente filamentosa, con organización sifonocladal de filamentos uniseriados constituidos por células multinucleadas. Los talos pueden ser simples o muy ramificados, con ramas que se insertan de modo irregular o muy ordenadas. Están ampliamente distribuidos tanto en aguas marinas, como salobres y dulces [24].

Oedogonium Link ex Hirn (Familia *Oedogoniaceae*; Clase *Chlorophyceae*) son filamentos uniseriados no ramificados, unidos al sustrato por células basales de sujeción; ocasionalmente flotan libremente. Células vegetativas generalmente uniformes en tamaño y forma en cada especie; normalmente cilíndricas, pero a veces onduladas, noduladas o incluso anguladas en vista de perfil; todas las células del filamento normalmente son capaces de dividirse. Células vegetativas uninucleadas, muy vacuoladas y con un gran cloroplasto reticulado y parietal que contiene de uno a muchos (normalmente) pirenoides (Figura 12a y 12b) [18, 24].

3) **Orden Sphaeropleales Luerksen**, incluye algas verdes con morfología esencialmente filamentosa, con organización sifonocladal de filamentos uniseriados constituidos por células multinucleadas. Los talos pueden ser simples o muy ramificados, con ramas que se insertan de modo irregular o muy ordenadas. Están ampliamente distribuidos tanto en aguas marinas, como salobres y dulces [24].

Scenedesmus Meyen (Familia *Scenedesmaceae*; Clase *Chlorophyceae*) son talos unicelulares o coloniales, formando cenobios de 2 a 32 células, generalmente de 4 u 8 células; matriz mucilaginoso circundante presente o ausente. Células dispuestas linealmente, alternas o en 2-3 filas, tocando con las paredes laterales o sólo en la región subpolar. Células de 3-78 \times 2-10 μm , casi esféricas a elipsoidales, alargadas o fusiformes a fusiformes alargadas; polos celulares capitados, obtusos, agudos o cónicos largos. Pared celular con capa hemicelulósica y esporopolenínica, generalmente lisa. Células sin espinas o parcialmente con espinas esporopolenínicas. Excreción de cerdas proteináceas. Células uninucleadas; cloroplasto simple y parietal con un solo pirenoide (Figura 13e) [18, 24].

Según el muestreo realizado en la fuente, se ha observado que las microalgas del orden *Oedogoniales* se localizan en los bordes exteriores de la taza y, por otro lado, las *Chlorellales* y *Sphaeropleales* se ubican en las zonas del pilar central hasta las veneras.

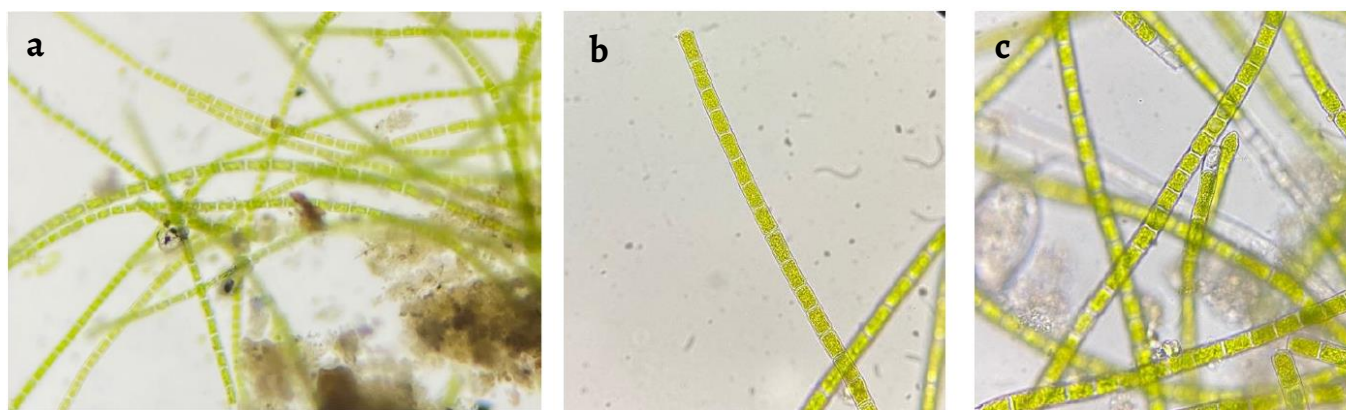


Figura 12. Microalgas en la muestra 7 (zona húmeda con manchas verdes sobre el pavimento anexo a la fuente): a) *Oedogonium* sp. en la muestra ambiental; b) Detalle de un filamento de *Oedogonium* sp. creciendo en el enriquecimiento después de 4 semanas de cultivo; c) Filamentos de *Oedogonium* sp. creciendo en enriquecimiento.

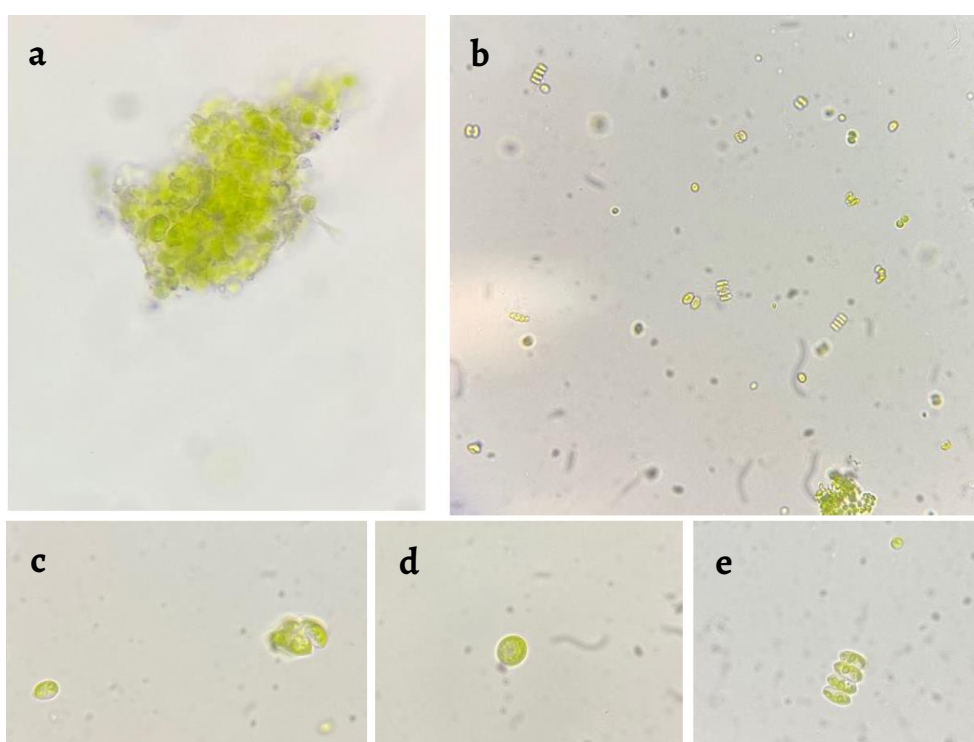


Figura 13. Microalgas en la muestra 10 (manchas de color verde en la superficie exterior de la fuente): a) Detalle de aglomerado celular en la muestra ambiental; b) Diversidad de microalgas verdes en el enriquecimiento; c) Célula independiente y agregado celular del género *Oocystis*; d) *Chlorella* sp.; e) Cenobio de *Scenedesmus* sp.

Dado el estado inactivo de la fuente durante la realización de este estudio, no se puede descartar que, una vez en funcionamiento, la presencia de agua no favorezca que una mayor diversidad de organismos pueda colonizar su superficie y causar biodeterioro, por lo que consideramos aconsejable hacer un seguimiento periódico que permita detectar su establecimiento y las posibles alteraciones que puedan producirse.

Análisis geométrico

El análisis geométrico (Figura 14) determina un equilibrio de las fuerzas con ausencia de deformaciones de importancia. En color verde se muestran las dimensiones que son proporcionales con su lado opuesto que, en el caso de coincidencia, refleja una simetría que confirma un correcto equilibrio. En color rojo, aparecen las dimensiones que contrastan con su lado opuesto, indicando una diferencia que bien podría ser fruto de una colocación original incorrecta o de la presencia de un desequilibrio.

Análisis por imagen

La metodología de análisis no invasivo por imagen ha permitido dimensionar adecuadamente las áreas afectadas por depósitos superficiales. El filtro de la aplicación *Dstretch* ha permitido potenciar los colores y diferenciar las zonas de distinta naturaleza. Estas áreas anaranjadas corresponden con productos del metabolismo de las microalgas (ver sección *Análisis de colonización biológica*) cuya extensión queda evidenciada de forma más precisa a través de esta aplicación informática (Figura 15). No obstante, esta observación debe quedar triangulada por la inspección visual técnica y el resultado de los análisis químicos superficiales para corroborar el área afectada (ver sección *Análisis de muestras*).



Figura 15. Análisis por imagen: a) Fotografía inicial; b) Misma fotografía tras los parámetros de la aplicación *Dstretch*. El color anaranjado evidencia el área de extensión de los productos derivados de la colonización biológica.

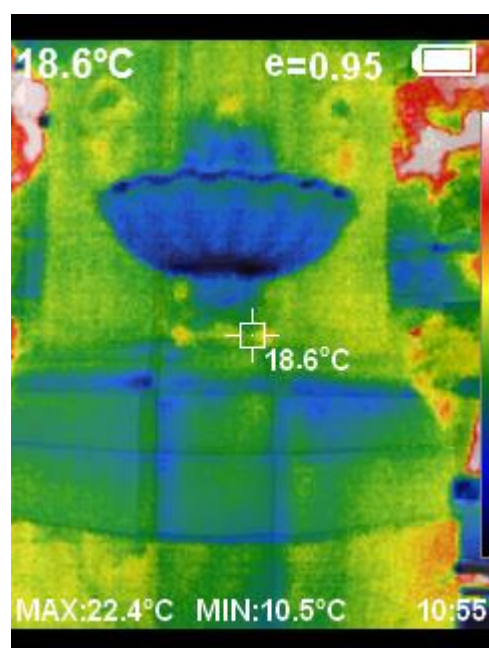


Figura 16. Termograma de la zona central de la fuente donde se puede observar el comportamiento térmico deficiente de las juntas de unión.

Por otro lado, el reconocimiento de la fuente con la cámara térmica confirma que el comportamiento térmico de las juntas de unión es deficiente tanto en la taza, donde existen problemas de filtraciones, como en el primer tercio del pilar central. En el termograma (Figura 16), se puede observar que la zona de unión de los distintos módulos de la fuente presenta una diferencia de temperatura notable. Muchas de estas uniones han perdido gran parte del mortero de juntas. Estos defectos de aislamiento y estanqueidad a las humedades se muestran en dicha irregularidad térmica. Igualmente, la inactividad del circuito de agua ha permitido la colonización de insectos que está influyendo en la degradación del mortero de juntas.

Conclusiones

Se ha constatado el uso de distintos materiales constituyentes en las fases constructivas de la plaza Weyler. Igualmente, el conocimiento de la composición y dosificación de los morteros originales van a determinar la propuesta de morteros de reposición, aumentando la compatibilidad de materiales en su comportamiento.

En el caso de la fuente, la piedra se encuentra en contacto con el agua de forma permanente o intermitente, lo que puede conducir a fenómenos de deterioro de distinta naturaleza a causa de la colonización y procesos metabólicos de las microalgas, que además pueden producir costras carbonatadas, así como alteraciones físicas y químicas del sustrato [25].

En este sentido, las microalgas pueden formar películas biológicas (*biofilms*) compuestas por un conjunto de organismos que están embebidos en una matriz de sustancias poliméricas extracelulares secretadas por estos. Estas películas no solo producen daños estéticos por la alteración cromática de la superficie que colonizan, sino que pueden también retener polvo atmosférico, contaminantes y sustancias disueltas en el agua que aportan tonos aún más oscuros. El deterioro físico frecuentemente se debe a que muchas especies de algas y cianobacterias tienen vainas de mucílago que retienen agua y los periodos de absorción y desecación, con la consiguiente variación del volumen causa la destrucción gradual del material pétreo, que va incorporándose a la película. El daño químico causado más frecuentemente por las microalgas consiste en la formación de costras carbonatadas sobre la piedra, como resultado de su metabolismo fotosintético [26]. Este fenómeno se ha constatado con el análisis químico superficial de las manchas anaranjadas, donde la difracción sólo ha reflejado la presencia de carbonato cálcico. Las condiciones de inactividad de la fuente han impedido diagnosticar el origen de la colonización biológica o su relación directa con el suministro de agua. El diagnóstico está acotado al contexto y al alcance de colonización actual. El análisis biológico deberá ser completado con el restablecimiento de su funcionalidad.

Por otro lado, valoramos el uso de análisis no intrusivos, basados en el color, como de metodologías auxiliares para complementar diagnósticos en bienes culturales. En este sentido, la termografía y la aplicación *Dstretch* han contribuido eficazmente a determinar el alcance patológico. Esta última, se puede complementar con programas de dibujo vectorial para la creación de mapas de alteración más precisos. Además, al calcular la extensión del área afectada, también ayudará a una gestión presupuestaria adecuada.

Las conclusiones de este trabajo ponen de manifiesto que el uso conjunto de diferentes técnicas ha constituido una buena estrategia metodológica para evaluar las condiciones de la fuente y, posteriormente, determinar un diagnóstico preciso.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el uso del Servicio General de Apoyo a la Investigación-SAI, Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS

1. 'The Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments', in ICOMOS, <https://www.icomos.org/en/resources/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/167-the-athens-charter-for-the-restoration-of-historic-monuments> (acceso en 2022-02-23).
2. 'Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios', in ICOMOS, https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/01/venice_sp.pdf (acceso en 2022-02-23).
3. 'DStretch. Rock Art Digital Enhancement', <https://www.dstretch.com/> (acceso en 2022-03-18).
4. 'Principles for the recording of monuments, groups of buildings and sites', in ICOMOS, <https://www.icomos.org/charters/archives-e.pdf> (acceso en 2022-02-23).
5. García Pulido, D., 'Rasgos inusuales de un espacio emblemático de Santa Cruz de Tenerife: la fuente de la plaza de Weyler (I)', *La Prensa. Revista semanal de El Día*, (2012-07-07) 1-3.
6. 'Gestor Patrimonio Cultural/ plaza de Weyler', in CICOP, http://gestorpatrimoniocultural.cicop.com/Santa_Cruz_de_Tenerife/Plaza_de_Weyler (acceso en 2022-01-24).
7. Galante Gómez, F., *Arquitectura Canaria (Desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta finales del siglo XIX)*, Editorial Edirc, Las Palmas de Gran Canaria (1989).
8. 'Crónica', *Diario de Tenerife* (1899-06-16), https://prensahistorica.mcu.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1005544132 (acceso 2022-04-04).
9. 'Crónica', *Diario de Tenerife* (1899-10-11), https://prensahistorica.mcu.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1005543484 (acceso 2022-04-04).
10. 'Para la región Canaria. Aclaraciones', *La Opinión* (1899-07-28), <https://h3.bbtk.ull.es/pandora/cgi-bin/Pandora.exe> (acceso 2022-04-04).
11. 'Crónica', *Diario de Tenerife* (1898-09-02), https://prensahistorica.mcu.es/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1005545130 (acceso 2022-04-04).
12. 'En el Ayuntamiento. Un dictamen', *La Opinión* (1899-08-17), https://h3.bbtk.ull.es/pandora/cgi-bin/Pandora.exe?xslt=ejemplar;place=Santa%20Cruz%20de%20Tenerife;publication=La%20Opini%C3%B3n;day=17;month=08;year=1899;page=001;id=0003617150;collection=prensa;url_high=prensa_pagesE/Santa%20Cruz%20de%20Tenerife/La%20Opini%C3%B3n/1899/189908/18990817/1899-08-17_a_o_xix_numero_2119_id55440-001.pdf;lang=es;encoding=utf-8 (acceso 2022-01-24).
13. 'Crónica', *La Opinión* (1899-07-29), https://h3.bbtk.ull.es/pandora/cgi-bin/Pandora.exe?xslt=ejemplar;place=Santa%20Cruz%20de%20Tenerife;publication=La%20Opini%C3%B3n;day=29;month=07;year=1899;page=003;id=0003617092;collection=prensa;url_high=prensa_pagesE/Santa%20Cruz%20de%20Tenerife/La%20Opini%C3%B3n/1899/189907/18990729/1899-07-29_a_o_xix_numero_2104_id55425-003.pdf;lang=es;encoding=utf-8 (acceso 2022-04-04).
14. García Pulido, D., 'Rasgos inusuales de un espacio emblemático de Santa Cruz de Tenerife: la fuente de la plaza de Weyler (y II)', *La Prensa. Revista semanal de El Día* (2012-07-14).
15. Pereira Uzal, J. M., *Gestión del color en proyectos de digitalización*, Editorial Marcombo, Barcelona (2013).
16. Villegas Sánchez, R.; Sebastián Pardo, E. M. (coords.), *Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos*, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Sevilla (2003).
17. Wehr J. D.; Sheath R. G., *Freshwater algae of North America: ecology and classification*, Academic Press, San Diego (2003).
18. John, D. M.; Brooks A. J.; Whitton B., *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*, Cambridge University Press, Cambridge (2011).
19. Bold H. C.; Wynne M. J., *Introduction to the algae: structure and reproduction*, Prentice-Hall, New Jersey (1978).
20. Pentecost A., *Introduction to freshwater algae*, The Richmond Publishing, Slough (1984).
21. Dillard E. D., *Common freshwater algae of the United States*, Borntraeger Gebroeder, Stuttgart (2008).
22. Bellinger E. G.; Sigeo D. C., *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*, John Wiley & Sons, Ltd., Hoboken (2010).
23. Bock C.; Krienitz L.; Pröschold T., 'Taxonomic reassessment of the genus *Chlorella* (Trebouxiophyceae) using molecular signatures (barcodes), including description of seven new species', *Fottea* **11**(2) (2011) 293-312.
24. Guiry, M. D.; Guiry, G. M., 'Listing the World's Algae', in *AlgaeBase*, <https://www.algaebase.org> (acceso 2022-03-18).
25. Peraza Zurita, Y., *Biodeterioro por microalgas en fuentes de mármol*, Editorial de la Universidad de Granada, Granada (2004).
26. Bolívar-Galiano, F.; Abad-Ruiz, C.; Sánchez-Castillo, P.; Toscano, M.; Romero-Noguera, J., 'Frequent microalgae in the fountains of the Alhambra and Generalife: identification and creation of a culture collection', *Applied Sciences* **10**(18) (2020) 39-56, <https://doi.org/10.3390/app10186603>.

RECIBIDO: 2022.8.29

REVISTO: 2022.11.28

ACEPTADO: 2023.3.1

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>

Mapeamento de danos como ferramenta na manutenção do patrimônio arquitetônico: o caso do Mercado Eufrásio Barbosa

Damage mapping as a tool in the maintenance of architectural heritage: the case of Eufrásio Barbosa Market

EMANOEL SILVA DE AMORIM^{1*}
GIRLÂNDIA DE MORAIS SAMPAIO¹
LORENA VILA BELA COSTA¹
ALBERTO CASADO LORDSLEEM JÚNIOR¹
ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO^{1,2}
WILLAMES DE ALBURQUERQUE SOARES¹

1. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife/PE, Brasil
2. Universidade Católica de Pernambuco, Recife/PE, Brasil

*esa7@poli.br

Resumo

Este artigo objetiva propor um método de registro e monitoramento de manifestações patológicas em edificações históricas, baseando-se na realização periódica de inspeções prediais, mapeamento e fichamento dos danos. Através do estudo de caso realizado no Mercado Eufrásio Barbosa, centro histórico da cidade de Olinda (Brasil) - Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO, onde foi validada a aplicabilidade do método proposto, utilizando três diretrizes para fundamentar as etapas metodológicas: identificação e conhecimento do bem, diagnóstico e priorização das intervenções. Os resultados obtidos demonstraram o processo de evolução das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas, indicando uma matriz de prioridade para orientação do gestor patrimonial no planejamento das manutenções, compatibilizando as necessidades da edificação e recursos financeiros disponíveis. Como contribuição, tem-se que a utilização da tríade metodológica, sendo uma versão adaptada de outros autores, auxiliando na gestão da conservação do bem edificado, além da conscientização da necessidade de preservação do patrimônio arquitetônico.

Abstract

This article aims to propose a method for recording and monitoring pathological manifestations in historic buildings, based on periodic building inspections, mapping and filing of damages. Through the case study carried out at the Eufrásio Barbosa Market, historical centre of the city of Olinda (Brazil) - Cultural Heritage of Humanity by UNESCO, where the applicability of the proposed method was validated, using three guidelines to support the methodological steps: identification and knowledge of the building, diagnosis and prioritization of interventions. The results showed the evolution process of the pathological manifestations on the facades of historic buildings, indicating a priority matrix to guide the asset manager in the planning of maintenance, matching the needs of the building and available financial resources. As a contribution, there is the use of the methodological triad, being a version adapted from other authors, assisting in the management of the conservation of the built property, besides the awareness of the need to preserve the architectural heritage.

PALAVRAS-CHAVE

Patrimônio histórico
Fichamento de danos
Monitoramento de danos
Inspeção predial

KEYWORDS

Historical heritage
Damage filing
Damage monitoring
Building inspection

Introdução

O patrimônio arquitetônico é constituído por bens históricos e culturalmente importantes, as quais são caracterizadas pelo valor artístico, identidade e tradição de determinado período de nossa história, apresentando-se como um capital social e herança insubstituível para sociedade [1-2]. Sendo essencialmente um portador potencial de informação, dinâmico e atemporal, ele consegue salvaguardar a memória de um lugar, agregando os significados e emoções, e por isso, é indispensável a institucionalização de programas que fomentem a informação, como também memória, garantindo o valor informacional do patrimônio, além de justificar a implantação de ações de preservação [3].

Contudo, as ações de preservação das edificações históricas necessitam ser muito mais abrangentes, mesclando as novas técnicas de gestão, uso de tecnologias e inovações para mitigar a escassez de recursos e investimentos financeiros. Com isso, é possível manter guardado, conservado e preservado o patrimônio arquitetônico, garantindo a compreensão da memória social [4-5]. Tornando-se necessário aos bens edificados a garantia de preservação e restauração, e através do planejamento das manutenções preventivas, além da execução de intervenções quando necessário [2].

Porém, as ações de preservação patrimonial são sempre um grande desafio, pois em edificações históricas a degradação de seus componentes e sistemas construtivos decorrem dos mais diversos motivos. O efeito do tempo, o intemperismo, o uso com as interferências da ação humana e do meio possibilitam a alteração das propriedades físicas e químicas dos materiais, comprometendo o desempenho e a funcionalidade da edificação [6].

Nesse sentido, o plano de gestão da conservação caracteriza-se como a ação mais eficiente a ser realizada, sendo um instrumento norteador das ações estratégicas que atuarão sobre o bem [7]. Adotar um plano de gestão da conservação em edificações históricas é essencial, uma vez que ele estrutura todas as metas, ações e projetos, fundamentados pela sua significância e a usabilidade [8].

Atualmente, o plano de gestão da conservação é um recurso técnico pouco utilizado pelos gestores patrimoniais. Sendo isso um fato conflitante com os benefícios ofertados pela implantação do plano, como o baixo custo de produção, quando comparado aos projetos similares elaborados conforme as diretrizes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), principal órgão ligado à preservação patrimonial no Brasil, e a redução do custo para execução das ações de inspeções e manutenções periódicas [9].

Nesse cenário, apesar de diversificado, o Brasil vem descaracterizando grande parte desse acervo arquitetônico a cada ano, principalmente pelo descaso da principal instituição responsável por sua proteção: o poder público [10]. Para mitigar a inexistência do plano de gestão da conservação, situação muito comum em edificações históricas, uma alternativa viável pode ser o monitoramento do estado de conservação através da realização de procedimentos de inspeção periódicas atrelado ao registro gráfico das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas, utilizando-se o mapa de danos [11]. Isso porque, é essencial alinhar técnicas de inspeção ao registro e atualização das condições de um edifício de interesse cultural [12].

Define-se mapa de danos a representação gráfica e fotográfica capaz de registrar o estado de conservação de um bem edificado, tornando-se um instrumento de extrema importância para contabilizar e evidenciar a evolução das anomalias [13].

Conforme as diretrizes apresentadas no Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural [14], através dos cadernos técnicos do Programa Monumenta: “é dispensável a apresentação de projeto de restauro para obtenção da autorização de execução de intervenções mais simples, típicas de manutenção, tais como pinturas, substituições de áreas ou materiais danificados, imunizações, revisões de cobertura”.

Dessa maneira, o gestor patrimonial pode optar em realizar periodicamente inspeções prediais registrando a evolução das manifestações patológicas em fachadas de edificações

históricas através do mapeamento de danos, o qual servirá como agente facilitador e norteador no processo decisório para execução das ações preventivas e intervenções [15]. Sendo assim, é possível determinar o grau de criticidade de cada dano e priorizar quais ações devem ser tomadas, e com isso prolongar a vida útil das edificações históricas, executando uma manutenção correta, evitando perdas do valor histórico do patrimônio [16].

Portanto, o presente artigo tem como objetivo sugerir um método de registro e monitoramento de manifestações patológicas em edificações históricas, baseando-se na realização periódica de inspeções prediais, mapeamento e fichamento dos danos. Dessa forma, será apresentado o caso da Restauração do Mercado Eufrásio Barbosa, localizado na cidade de Olinda, no Estado de Pernambuco, no Brasil. A metodologia empregada pretende auxiliar os gestores patrimoniais no processo de tomada de decisão através da priorização dos serviços de manutenções em relação às necessidades da edificação e disponibilidade de recursos financeiros.

O método foi elaborado pela empresa Premier Engenharia LTDA durante o período de 2010 a 2012, através de contrato firmado com a Secretária de Patrimônio Histórico de Olinda - SEPAC, órgão ligado à Prefeitura Municipal de Olinda. Os materiais apresentados neste artigo foram gentilmente cedidos pela empresa Premier Engenharia LTDA, a qual autorizou a utilização e divulgação.

Métodos e procedimentos

A metodologia para realização do registro e monitoramento do estado de conservação do Mercado Eufrásio Barbosa foi estruturada em três etapas, conforme fluxograma do método proposto (Figura 1).

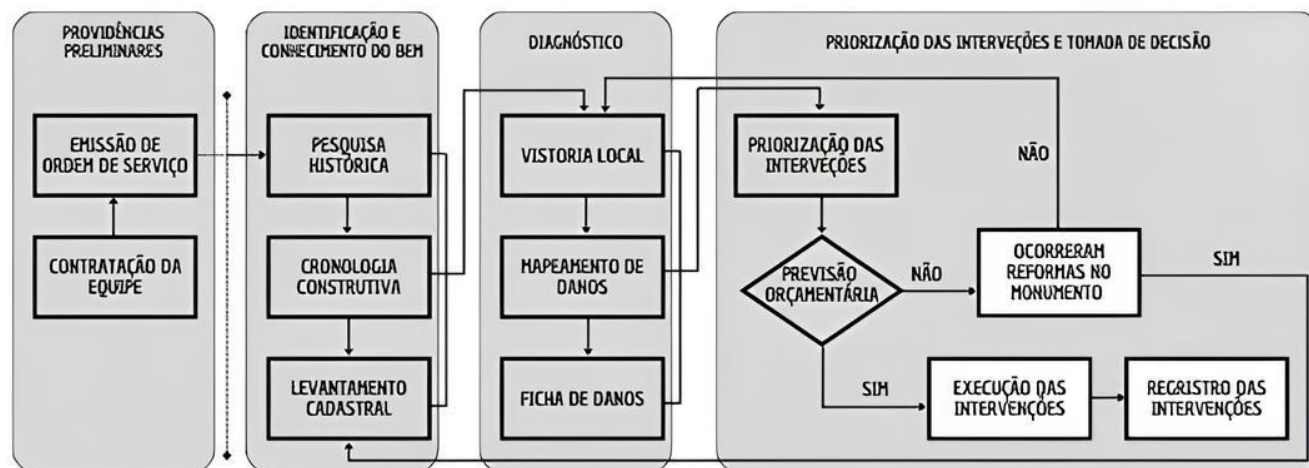


Figura 1 Fluxograma do método proposto.

Etapa 1 – Identificação e conhecimento do bem

Adaptada das diretrizes apresentadas no Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural, prescritas pelo IPHAN através do Programa Monumenta [14], esta etapa visa conhecer e analisar a edificação sob os aspectos históricos, estéticos, artísticos, formais e técnicos, compreendendo o seu significado atual e ao longo do tempo, entendendo a evolução e, principalmente, os valores pelos quais foi reconhecida como patrimônio cultural. Sendo atividades componentes:

- Pesquisa histórica: sistematização das informações, obtidas por meio de pesquisas arquivística, bibliográfica e de fontes orais, objetivando conhecer e situar a edificação no tempo, identificando sua origem e o seu percurso histórico.
- Cronologia construtiva: resumo descritivo apresentando os diversos momentos dos eventos históricos ligados a edificação, inclusive as características construtivas originais e iniciais, técnicas usadas na construção e todas as alterações posteriores realizadas no bem.
- Levantamento cadastral: representação geométrica do bem, identificando todos os elementos arquitetônicos, em planta de situação, locação, gerais, cortes verticais, vistas, detalhes e outras representações.

Etapa 2 – Diagnóstico

Baseado na Metodologia de Diagnóstico para Restauração descrita por Tavares [17], essa etapa fundamenta-se nas pesquisas realizadas na primeira etapa, para registrar de forma pormenorizada as manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas, diagnosticando os agentes de degradação, causas e origens. Sendo subdividida em:

- Vistoria Local: é o primeiro passo para o levantamento dos danos, objetivado identificar e definir a origem das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas, através de um exame visual.
- Mapeamento de Danos: é a representação gráfica do levantamento de todos os danos existentes e identificados na edificação, relacionando-os aos seus agentes e causas.
- Ficha de Danos: apresenta uma síntese do Mapa de danos, especificando causas e recomendações para cada dano, estabelecendo dados quantitativos que podem ser utilizados em orçamentos e composições de preços.

Etapa 3 – Priorização das intervenções

Tem objetivo de estabelecer uma matriz de prioridade para servir de guia para o planejamento da execução das manutenções. Baseada no Método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), desenvolvido por Kepner e Tregoe [18], com função de definir prioridades em atividades do setor administrativo. Esta ferramenta é utilizada para priorizar as ações de forma racional, analisando os problemas existentes através dos seguintes parâmetros:

- Gravidade: a intensidade, profundidade dos danos que o problema pode causar se não se atuar sobre ele;
- Urgência: o tempo para a eclosão dos danos ou resultados indesejáveis se não se atuar sobre o problema;
- Tendência: o desenvolvimento que o problema terá na ausência de ação.

Seguindo a adaptação realizada na metodologia proposta por Gomide et al. [19] para o setor da construção civil, a priorização das intervenções deve ser classificada por uma ponderação de 1 a 10 seguindo os conceitos listados na [Tabela 1](#).

Tabela 1. Ponderação do grau de criticidade no Método GUT [19].

Grau	Gravidade	Urgência	Tendência	Peso
Total	Perda de vidas humanas, ao meio ambiente ou do próprio edifício	Evento em ocorrência	Evolução imediata	10
Alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou do edifício	Evento prestes a ocorrer	Evolução em curto prazo	8
Médio	Desconfortos e/ou deterioração do meio ambiente ou do edifício	Evento prognosticado para breve	Evolução em médio prazo	6
Baixo	Pequenos incômodos e/ou pequenos prejuízos financeiros	Evento prognosticado para adiante	Evolução em longo prazo	3
Nenhum	-	Evento imprevisto	Não vai evoluir	1

Resultados obtidos

Identificação e conhecimento do bem

O Mercado Eufrásio Barbosa é um monumento histórico que faz parte do Centro Histórico de Olinda/PE, tombado como Patrimônio da Humanidade, desde 1982 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Estando localizado no bairro do Varadouro, encontra-se inserido no Polígono de Tombamento do município de Olinda/PE (Brasil) (Rerratificação da Notificação Federal N°1155/79). Conforme plano diretor da Cidade, o Mercado Eufrásio Barbosa compõe à área de proteção “SCV - Área Comercial do Varadouro”, segundo a lei Municipal 4849/92 [20].

A edificação do Mercado Eufrásio Barbosa testemunha a história da antiga fábrica de doces Amorim Costa e Cia., a qual representa o progresso econômico e modernidade trazidos pelo processo de industrialização pernambucano, datado no início do século XX. Possuindo um terreno com 6520 m², área construída de 3824 m² e uma fachada de aproximadamente 150 m de extensão [20].

O Mercado Eufrásio Barbosa apresenta fachadas marcadas pela simplicidade de linhas arquitetônicas classicistas do Estilo Imperial, característica explicada pelo descompromisso com o neoclassicismo europeu, resultante das condições econômicas brasileiras [21], como também, dos materiais disponíveis para construção. Conforme a Figura 2, a fachada da década de 50 é marcada pelos componentes típicos deste estilo, como frontões triangulares, óculos, vãos numerosos com arcos plenos e frisos horizontais.

Pode-se afirmar que o atual aspecto extenso e uniforme do conjunto de edificações remanescentes da antiga fábrica Amorim Costa possui uma história de ampliações e transformações em seu interior. Contudo, se compararmos a Figura 2 com as Figura 3 e 4 é possível constatar que nas fachadas, não houve intervenções severas. O processo de unificação estilística e adequação do uso realizado nos blocos componentes do bem é demonstrado na Tabela 2.



Figura 2. Fachada do galpão principal na década de 50 (foto: Arquivo Público Municipal de Olinda Antonino Guimarães).



Figura 3. Fachada principal: a) ala esquerda e b) ala direita.



Figura 4. Planta de localização do Mercado Eufrásio Barbosa (foto: Glooge Earth).

Tabela 2. Cronologia construtiva do Mercado Eufrásio Barbosa [22].

Data	Descrição do fato histórico
Fev. 1904	Em Olinda, a antiga fábrica de doces é reaberta sob o nome de Amorim Costa e Cia.
1910	Nova expansão da fábrica, com a compra, na Rua Santos Dumont, das casas nº 5, 7 e 9 a Álvaro Figueiredo Baptista por Rs 3:010 \$000 e dos Nº 1 e 3 a Rodolfo Silva e outros por Rs 4:500\$000. Posteriormente, a execução de várias reformas transformou as diversas casas em um único edifício.
1923	A Amorim Costa e Cia solicita à Prefeitura, licença para murar uma extensão de 100 m do terreno que compraram desmembrado ao Mosteiro de São Bento, anexo ao fundo de sua fábrica e de concertar o telhado de um dos armazéns internos, substituindo a madeira da coberta, e ainda, fazer um telheiro sobre pilares em terreno da sua fábrica, a fim de abrigar materiais.
Dez. 1929	É iniciada a construção na fábrica de uma chaminé de argamassa armada com 30m de altura em substituição da existente.
Jan. 1930	A Amorim Costa e Cia requer licença à Prefeitura para colocar 15 m ² de azulejos com propaganda da fábrica. Era ideia dos proprietários, afixarem este mural no oitão do sobrado Nº 72 da rua 15 de Novembro, porém, a prefeitura cobra alto imposto caso seja utilizado esse prédio e determina que o dito azulejo seja afixado na fachada da fábrica ou no muro da mesma para ser isento do imposto do reclame.
1940 -1946	São feitos alguns consertos no edifício da fábrica. Em 1941 são substituídas duas tesouras da cobertura no prédio Nº 342; em 1943 é, novamente, trocada uma tesoura da coberta de uma das suas dependências; e em 1945 é construída uma marquise em frente ao prédio de número 406.
1950	A indústria de Conservas Amorim Costa atravessa a década de 50 com dificuldades crescentes.
1960	A falência da fábrica é decretada e em abril desse ano é publicado no diário oficial do Estado nos dias 21, 23 e 24.
22 Jun. 1976	Falece Oswaldo Jacobina de Figueiredo sem conseguir realizar seu grande sonho: voltar a ver “a Indústria de Conservas Sociedade Anônima” funcionando de novo. Após a morte desse antigo associado, os outros acionistas vendem grande parte da maquinaria da fábrica e alugam seus armazéns para diversos fins como: oficina mecânica de automóvel, depósito de papéis, etc.
Meados dos anos 70	A Prefeitura de Olinda acomoda nas instalações da antiga fábrica desabrigados da cheia do rio Beberibe. O prédio permanece durante anos sem utilização precisa e como consequência disso, grande parte de sua documentação é perdida ou roubada, até máquinas e utensílios.
29 Ago. 1979	O prefeito de Olinda, Germano Coelho, assina o Decreto Nº 036/79, declarando de utilidade pública para fins de desapropriação do terreno e respectiva benfeitoria constituída pelo prédio da antiga fábrica de doces no Varadouro, com uma área total de 6700m ² .
1980 -1984	Período de ampla intervenção realizada pela fundação Centro de Preservação do Sítio Histórico de Olinda, onde o enfoque principal foi dar uma utilidade face à sua grande área e localização privilegiada.

Este processo teve o seu último estágio justamente nas intervenções mais recentes realizadas entre 1980 e 1984 quando a fábrica não mais existia e tal conjunto, com partes arruinadas, foi desapropriado pela Prefeitura de Olinda. Pequenas mudanças na fachada e transformações urbanas do seu entorno, além da mudança de uso fabril para mercado público, que incluía em seu programa áreas para a venda de artesanato, teatro e peixaria, resultou na castração e reconstrução com materiais contemporâneos de importantes estruturas [23].

Deste modo se entende que tanto cronologicamente como morfológicamente as fachadas atuais da fábrica podem ser divididas em cinco partes (Figura 5), que são resultantes dos acréscimos assim constituídos:

- 1) P1 (anterior a 1904): a parte mais primitiva do conjunto;
- 2) P2 (anterior a 1913): uma série de galpões com empenas frontais paralelas à via;
- 3) P3 (1926): fachada com frontão triangular que corresponde ao Salão ou Galpão Principal;
- 4) P4 (posterior a 1926): com imóveis adquiridos e reformados; (uniformização de platibandas);
- 5) P5 (1930): muro com painel de azulejo.

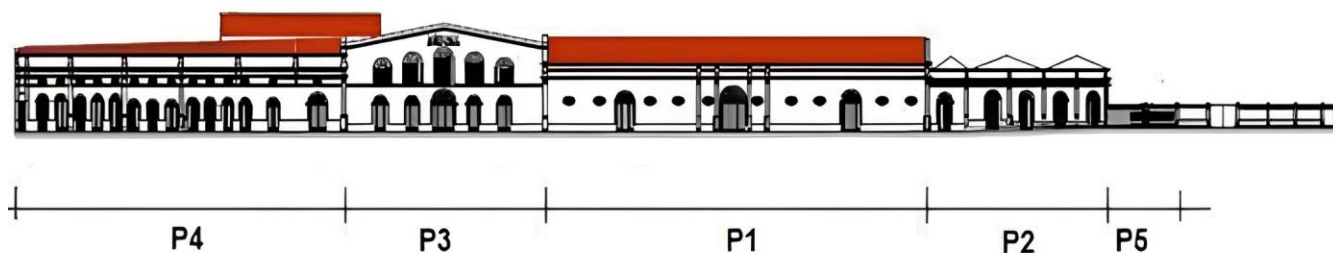


Figura 5. Partes cronológicas/morfológicas dos componentes da fachada (desenho esquemático).

Através das peças gráficas disponibilizadas, em 2010, pela Secretária de Patrimônio Histórico de Olinda - SEPAC, órgão ligado à Prefeitura Municipal de Olinda, não foi necessário a realização do levantamento cadastral. Sendo assim, verificou-se *in loco* que o material fornecido estava totalmente atualizado. Por isso, houve o aproveitamento total dos levantamentos arquitetônicos, sem necessidade de realização de revisão, utilizando-se os documentos gráficos das fachadas disponibilizados.

Diagnóstico das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas e priorização das intervenções

Foram realizadas três fases de registro e monitoramento nas datas de janeiro de 2010, de 2011 e de 2012, com intuito de avaliar o estado de conservação das fachadas do Mercado Eufrásio Barbosa. Nas vistorias locais foram realizadas inspeções visuais para identificar as manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas existentes. Ainda *in loco* foram coletadas as informações para preparação das bases dos Mapas de Danos, utilizando o método de levantamento métrico direto, além do registro fotográfico. Com a conclusão da coleta das informações de campo, foi realizado em escritório a digitalização das geometrias das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas e elaboração das fichas de danos. Essas etapas descritas também foram adotadas, parcialmente ou totalmente, em outros estudos que se propuseram a observar e a mapear danos de elementos e edificações [24-26].

Nas inspeções realizadas e por meio da análise dos mapas de danos elaborados, pode-se inferir que a grande maioria das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas decorreu da presença da umidade e da deterioração natural do elemento construtivo por ação do intemperismo, como o descascamento da pintura e destacamento do reboco. Este último foi identificado através do teste de percussão, que consiste no emprego de batidas no revestimento a fim de identificar som cavo, sendo esse um indício de vazio entre o revestimento e o substrato. É recomendada a realização de uma lavagem com jato d'água pressurizada para posterior avaliação da aderência, porém essa prática não pode ser adotada pois poderia danificar as fachadas do bem histórico em fase de monitoramento [27-28].

As fissuras encontradas possuíam espessura menor que 1 mm, sendo inclinadas e superficiais, atingindo apenas o revestimento. Dessa forma, conclui-se que foram causadas pela retração, perda de aderência e envelhecimento da pintura e argamassa. Dentre as anomalias levantadas, as sujidades foram as mais presentes nas fachadas, fato este que pode ser atrelado ao meio em que a edificação está inserida, a presença de umidade nas estruturas e volumetria dos adornos propensa ao acúmulo de poeira [29].-Neste aspecto, importa ressaltar que a sujidade é um fenômeno que propicia a colonização biológica, que contribuem para mudança da coloração e deterioração do revestimento.

Constatou-se também que as manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas são mais facilmente perceptíveis nos ornamentos (frisos e cimalkas), pois eles destacam-se arquitetonicamente na fachada da edificação ficando mais sujeitos a ação dos ciclos de molhagem e secagem, facilitando a proliferação de fungos e musgos.

Foi elaborada uma ficha de danos para cada manifestação patológica encontrada, sendo apresentado neste documento informações como causas, recomendações de manutenção e

quantitativo para auxiliar o orçamento de obra. De forma exemplificativa, a [Figura 6](#) apresenta a ficha de danos das fissuras, sendo o mesmo modelo desenvolvido para as demais manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas encontradas.

FICHA DE DANOS – PANOS DE PAREDE – ANO 2010

FISSURAS

DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Pequenas fissuras resultantes do ajustamento do substrato em virtude da acomodação da alvenaria.

DESCRIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

- Retração da argamassa devida má execução;
- Má aderência entre argamassa e alvenaria de tijolo;
- Envelhecimento natural do revestimento.

RECOMENDAÇÕES

- Remoção da pintura;
- Selamento da fissura ou remoção do substrato com substituição em argamassa de cal, dependendo do grau de gravidade.

QUANTIDADES

- 0,4 m²

IMAGENS



Figura 6. Ficha de danos (fissuras) realizada em janeiro de 2010.

Monitoramento realizado em vistoria de janeiro de 2010

A vistoria da primeira fase de monitoramento foi realizada entre os dias 11 a 15 de janeiro de 2010, onde foi possível detectar a presença de manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas nas fachadas do imóvel. A [Figura 7](#) apresenta o resultado gráfico da inspeção visual, através do mapeamento de danos, o qual destaca: colonização biológica, sujidades, descascamento da pintura, destacamento do reboco, pichações e fissuras.

Na síntese das fichas de danos ([Tabela 3](#)) é possível constatar que as fachadas do Mercado Eufrásio Barbosa, em janeiro de 2010, apresentaram menos de 2 % de ocorrência de danos. Através da utilização da matriz GUT, foram estabelecidas as ordens de prioridade para solução das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas. Desse modo, as primeiras manutenções a serem executadas deveriam ser os serviços de restauro para retirada das pichações, seguindo a priorização apresentada na [Tabela 4](#). Contudo, por falta de recursos financeiros, em 2010 o gestor patrimonial não executou nenhum dos serviços especificado, optando em monitorar a evolução dos danos um ano após a atual avaliação [30].



Figura 7. Mapeamento de danos realizado em janeiro de 2010.

Tabela 3. Planilha sintética das quantidades das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2010.

Tipo de dano	Área total dos panos de parede (m ²)	Área dos danos (m ²)	Porcentagem total – 2010 (%)
Colonização biológica	1091,34	1,97	0,18
Sujidade	1091,34	9,55	0,88
Descascamento de pintura	1091,34	3,9	0,36
Destacamento do reboco	1091,34	1,62	0,15
Fissura	1091,34	0,4	0,04
Pichação	1091,34	2,73	0,25

Tabela 4. Priorização das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2010.

Manifestação patológica	Elemento	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	GxUxT	Ordem
Colonização biológica	Pintura	3	3	8	72	3º
Sujidade	Pintura	3	3	8	72	3º
Descascamento de pintura	Pintura	3	3	6	54	4º
Destacamento do reboco	Alvenaria	6	3	6	108	2º
Fissura	Revestimento	3	3	6	54	4º
Pichação	Pintura	3	6	10	180	1º

Monitoramento realizado em vistoria de janeiro de 2011

A vistoria local da segunda fase de monitoramento foi realizada entre os dias 24 e 28 de janeiro de 2011, onde foi constatado o agravamento das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas no ano de 2010 (Figura 8). Porém, não foram encontrados novos danos, e, por isso, não foi necessário elaborar novas fichas de danos, sendo atualizado apenas os quantitativos referente ao orçamento de obra. A Tabela 5 apresenta a síntese do quantitativo apresentado nas fichas de danos, sendo possível observar que as fachadas do Mercado Eufrásio Barbosa, em janeiro de 2011, apresentaram menos de 4 % de ocorrência de danos. Ao comparar o percentual de danos entre o ano de 2010 e 2011 é constatado que houve um agravamento menor que 2 % na degradação das fachadas. A matriz GUT foi atualizada e através das mudanças no resultado da equação: $G \times U \times T$, com relação ao primeiro monitoramento, as prioridades de intervenção foram reprogramadas (Tabela 6). Por falta de recursos financeiros, em 2011 o gestor patrimonial não executou nenhum dos serviços especificados, optando em monitorar a evolução dos danos por mais um ano [30].

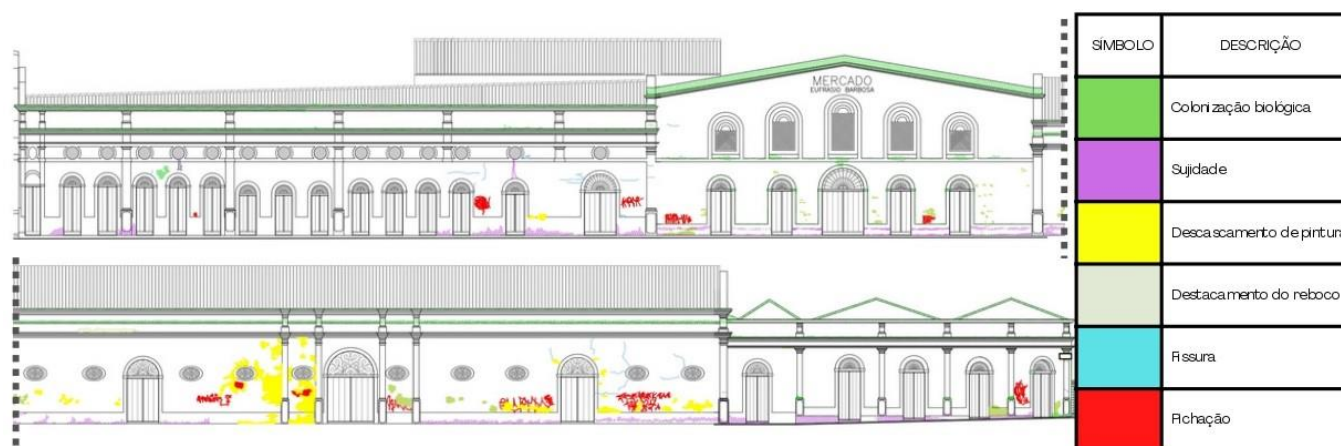


Figura 8. Mapeamento de danos realizado em janeiro de 2011.

Tabela 5. Planilha sintética das quantidades das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2011.

Tipo de dano	Área total dos panos de parede (m ²)	Área dos danos (m ²)	Porcentagem total - 2011 (%)	Varição 2010 - 2011 (%)
Colonização biológica	1091,34	2,18	0,20	0,02
Sujidade	1091,34	10,24	0,94	0,06
Descascamento de pintura	1091,34	15,71	1,44	1,08
Destacamento do reboco	1091,34	2,66	0,24	0,09
Fissura	1091,34	0,48	0,04	0,00
Pichação	1091,34	4,09	0,37	0,12

Tabela 6. Priorização das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2011.

Manifestação patológica	Elemento	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	G×U×T	Ordem
Colonização biológica	Pintura	3	3	8	72	4 ^o
Sujidade	Pintura	3	3	8	72	4 ^o
Descascamento de pintura	Pintura	3	8	8	192	1 ^o
Destacamento do reboco	Alvenaria	6	3	6	108	3 ^o
Fissura	Revestimento	3	3	6	54	5 ^o
Pichação	Pintura	3	6	10	180	2 ^o

Monitoramento realizado em vistoria de janeiro de 2012

A vistoria local da terceira fase de monitoramento foi realizada entre os dias 23 e 27 de janeiro de 2012, onde foi constatado um severo agravamento das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas no ano de 2011 (Figura 9). Mesmo não sendo encontrados novos danos, foi necessário atualizar os quantitativos das fichas de danos. A Tabela 7 apresenta a síntese das fichas de danos, sendo possível constatar que as fachadas do MEB, no mês de janeiro de 2012, apresentaram aproximadamente 14 % de ocorrência de danos. Ao comparar o percentual de danos entre o ano de 2011 e 2012 é constatado que houve um agravamento de aproximadamente 10 % na degradação das fachadas. Com o agravamento das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas foi necessário atualizar a matriz GUT, mesmo com a mudança no resultado da equação: $G \times U \times T$, foram mantidas as ordens de prioridade recomendadas no segundo monitoramento (Tabela 8). Através dos resultados obtidos nesta fase, e com disponibilidade de recursos financeiros para execução dos serviços de manutenção, o gestor patrimonial optou em realizar todos os serviços especificados nas fichas de danos [30].



Figura 9. Mapeamento de danos realizado em janeiro de 2012.

Tabela 7. Planilha sintética das quantidades das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2012.

Tipo de dano	Área total dos panos de parede (m ²)	Área dos danos (m ²)	Porcentagem total – 2012 (%)	Varição 2011 - 2012 (%)
Colonização biológica	1091,34	23,37	2,1	1,94
Sujidade	1091,34	70,76	6,5	5,54
Descascamento de pintura	1091,34	32,52	3,0	1,54
Destacamento do reboco	1091,34	8,8	0,8	0,57
Fissura	1091,34	0,51	0,0	0,01
Pichação	1091,34	6,83	0,6	0,26

Tabela 8. Priorização das manifestações patológicas em fachadas de edificações históricas registradas em janeiro de 2012.

Manifestação patológica	Elemento	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	G×U×T	Ordem
Colonização biológica	Pintura	3	3	8	72	4°
Sujidade	Pintura	3	3	8	72	4°
Descascamento de pintura	Pintura	3	8	8	192	1°
Destacamento do reboco	Alvenaria	6	3	6	108	3°
Fissura	Revestimento	3	3	6	54	5°
Pichação	Pintura	3	6	10	180	2°

Discussões e recomendações

O valor cultural dos bens tombados obriga o gestor patrimonial a garantir sua preservação e compreensão. Contudo, a falta de recursos financeiros e humanos torna o processo de preservação extremamente complexo [30]. Mesmo assim, como o IPHAN possui um procedimento específico relativo à autorização para execução de intervenções de pequeno porte, como manutenção preventiva e corretiva [14], o presente trabalho propõe a utilização de um método alternativo, tendo objetivo de avaliar, registrar e monitorar o estado de conservação do patrimônio arquitetônico. Com isso, é possível minimizar os impactos causados no processo natural de degradações destas edificações, mantendo-as preservadas e reduzindo a necessidade de execução de reformas de grande impacto aos padrões estéticos do bem [13].

A aplicação deste método no Mercado Eufrásio Barbosa conscientizou o gestor patrimonial sobre o processo de deterioração do imóvel, e da necessidade de monitorar e corrigir anomalias encontradas no bem tombado. Através da realização de inspeções periódicas, registradas em mapa de danos, além do acompanhamento das recomendações técnicas prescritas nas fichas

de danos, foi possível mitigar a escassez do plano de gestão da conservação e da reduzida previsão orçamentária destinada para execução de serviços de manutenção.

Dessa forma, em circunstâncias semelhantes, a utilização do método apresentado será uma excelente e eficiente ferramenta auxiliadora nas ações de gestão patrimonial. Recomenda-se que ao replicar o método, o gestor patrimonial siga o fluxograma de atividades apresentado na [Figura 1](#), o qual foi desenhado conforme o estudo de caso apresentado.

Por fim, vale informar que em 2014 através do Processo Licitatório N° 020/2014, realizado pela Secretária de Turismo de Pernambuco, ocorreu a contratação de uma empresa para a execução de todos os serviços de manutenção prescritos nas fichas de danos elaboradas em janeiro de /2012 ([Figura 10](#)). Além disso, houve a execução dos projetos de requalificação, que transformou o mercado em um centro de cultura popular, inaugurado em 2018. O atual Centro de Cultural Mercado Eufrásio Barbosa apresenta salas de exposição permanentes e temporárias, salas para oficinas de artesanato, dança e gastronomia, local para feiras sazonais, um novo teatro, 22 novas lojas, restaurante com paisagismo e uma livraria [30].

Contudo, o método proposto, mesmo com as ponderações descritas, ele ainda é subjetivo a interpretação do profissional responsável pela inspeção predial. Dessa forma, sugere-se que as inspeções prediais sejam realizadas pelo mesmo profissional. Esse fato é uma limitação que o método apresenta, mesmo assim, o benefício torna o método completamente viável, por se tratar de um monitoramento contínuo de baixo custo.



Figura 10. Mercado Eufrásio Barbosa após execução dos serviços de manutenção prescritos nas fichas de danos.

Agradecimentos

Agradecemos a empresa Premier Engenharia LTDA pelo material gentilmente cedido.

REFERÊNCIAS

1. Linhares, G.; Groetelaars, N. J., 'Reconstrução digital do patrimônio arquitetônico para ambientes virtuais interativos 3D: estudo de métodos para modelagem geométrica de edificações existentes', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **16**(3) (2021) 62-77, <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.172369>.
2. Pio Santos, T.; Silva Júnior, P. F., 'Documentação das manifestações patológicas do Pórtico do Batismo Cultural de Goiânia - monumento histórico Arte Déco', *Revista ALCONPAT* **1**(3) (2021) 108-122, <https://doi.org/10.21041/ra.v1i1i3.531>.
3. Córbo, P. A. B., *Políticas de informação e memória no Colégio Pedro II: preservação do patrimônio documental e seus paradoxos*, Dissertação de doutorado, Departamento de Ciência da Informação, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro (2020), <http://ridi.ibict.br/handle/123456789/1084> (acesso em 2023-04-15).
4. Lemos, C. A. C., *O que é patrimônio histórico*, Editora Brasiliense, São Paulo (1981).
5. Caldana Jr, V. L.; Rolim, M. S.; Michelin, G., 'Tecnologias para levantamento e ensaios não destrutivos: ações de cooperação técnica e políticas públicas como perspectivas para a preservação do patrimônio', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **16**(3) (2021) 192-205, <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.175163>.
6. Tinoco, J. E. L., 'Mapa de Danos – Recomendações básicas ao gestor de restauro', *Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada*, Textos para discussão, vol. 43 (2009), <http://ceci-br.org/ceci/br/publicacoes/textos-para-discussao.html> (acesso em 2023-04-15).
7. Moura, C. H. R.; Araújo, F. M. H.; Albuquerque, C. C. S., 'The conservation management of Engenho Uchôa wildlife refuge as a natural heritage', *Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades* **9**(74) (2021) 29-40, <https://doi.org/10.17271/2318847297420213025>.
8. Tavares, T. A., *Subsídios para o plano de conservação de edifícios modernistas em balanço estrutural: um estudo de caso na Praça dos Tribunais Superiores*, Dissertação de mestrado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília (2021).
9. Tinoco, J. E. L., 'Plano de gestão da conservação para edificações de valor cultural', *Revista CPC* **17** (2013) 94-107, <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.voi17p94-107>.
10. França, E.; Brandão Filho, J. O. C., *Rito de intervenções em bens culturais afetados por proteção legal: roteiro e orientações técnicas*, Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco, Recife (2012), https://tce.pe.gov.br/ecotce/docs/cartilha_patrimonio.pdf (acesso em 2023-04-15).
11. Oliveira, M. M., *A documentação como ferramenta de preservação da memória: Cadastro, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia*, vol. 7, Cadernos Técnicos - Programa Monumenta, Distrito Federal (2008), [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTec7_DocumentacaoComoFerramenta_m-\(2\).pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTec7_DocumentacaoComoFerramenta_m-(2).pdf) (acesso em 2023-04-15).
12. Innocencio, C. de R.; Salzani, L. O.; Pereira, T. da S. S.; Barbosa, M. T. G., 'A termografia e o uso de veículo aéreo não tripulado como instrumentos de auxílio no diagnóstico de manifestações patológicas em patrimônio cultural edificado', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **16**(3) (2021) 180-190, <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174232>.
13. Albuquerque, D. E. N.; Costa, B. A. R.; Berenguer, R. A.; Estolano, A. M. L.; Lima, N. B.; Oliveira, R. A., 'Influência da realização do mapa de danos na manutenção periódica de edificações', in *Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções*, CBPAT, Editora Cubo, São Paulo (2020) 2420-2429, <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.234> (acesso em 2023-04-15).
14. Instituto Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, *Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural*, Cadernos Técnicos - Programa Monumenta, vol. 1, eds. J. H. Gomide, P. Reis da Silva e S. M. N. Braga, Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta, Brasília (2005), http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/CadTeci_Manual_de_Elaboracao_de_Projetos_m.pdf (acesso em 2023-04-15).
15. Barreto, L. M., *Manifestações patológicas em fachadas de edificações religiosas: um estudo na cidade de Recife-PE*, Dissertação de mestrado, departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife (2020).
16. Idrus, A.; Khmamidi, F.; Sodangi, M., 'Maintenance management framework for conservation of heritage buildings in Malaysia', *Modern Applied Science* **4**(11) (2010) 66-77, <http://dx.doi.org/10.5539/mas.v4n11p66>.
17. Tavares, F. M., *Metodologia de diagnóstico para restauração de edifícios dos séculos XVIII e XIX nas primeiras zonas de mineração em Minas Gerais*, Dissertação de mestrado, Departamento de Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora (2011).
18. Kepner, C.; Tregoe, B., *The new rational manger*, Princeton Research Press, New Jersey (1981).
19. Gomide, T.; Fagundes Neto, J.; Gullo, M., *Normas técnicas para engenharia diagnóstica em edificações*, Pini, São Paulo (2009).
20. Marinho, D. P., 'Patrimonialização do sítio histórico de Olinda: cultura e afetos na reinvenção de uma cidade', *Arquivos Do CMD* **6**(1) (2019) 124-140, <https://doi.org/10.26512/cmd.v6i1.22415>.
21. Sousa, A., *O classicismo arquitetônico no Recife Imperial*, Editora Universitária, Bahia (2000).
22. Rosas, F. J., *Os doces da fidalguia*, Prefeitura de Olinda, Olinda (1988).
23. Gomes, E. R., *Antiga fábrica de Doces Amorim Costa e Cia.*, ms., Trabalho de conclusão - Especialização em Restauração e Conservação de Monumentos e Conjuntos Históricos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife (2010).
24. Palácios, F. O.; Sanjad, T. A. B. C., 'O uso de tecnologias CAD para (re)conhecer o patrimônio brasileiro em risco de desaparecimento: a remontagem digital do chalé de ferro belga desmontado na década de 1980', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **16**(3) (2021) 131-145, <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174808>.
25. Barbosa, M. T. G.; Innocencio, C. R.; Salzani, L. O.; Pereira, T. S. S., 'A termografia e o uso de veículo aéreo não tripulado como instrumentos de auxílio no diagnóstico de manifestações patológicas em patrimônio cultural edificado', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **16**(3) (2021) 179-190, <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174232>.

26. Woodham, D.; Citto, C.; Porter, D. W.; Bass, A.; Anthony, R. W., 'Investigation, analysis, and treatment testing for the mission church, Tumacácori National Historical Park', *Journal of Architectural Engineering* **26**(1) (2020) 1-12, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000383](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000383).
27. Pacheco, C. P.; Vieira, G. L., 'Análise quantitativa e qualitativa da degradação das fachadas com revestimento cerâmico', *Cerâmica* **63**(368) (2017) 432-445, <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633682156>.
28. Resende, M. M.; Gambare, E. B.; Silva, L. A.; Cordeiro, Y. de S.; Almeida, E.; Salvador, R. P., 'Infrared thermal imaging to inspect pathologies on façades of historical buildings: a case study on the Municipal Market of São Paulo, Brazil', *Case Studies in Construction Materials* **16** (2022) e01122, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01122>.
29. Tondelo, P. G.; Barth, F., 'Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT', *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção* **10** (2019) e019009, <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652817>.
30. *Fotografias do Mercado Eufrásio Barbosa após execução dos serviços de manutenção prescritos nas fichas de danos*, Prefeitura Municipal de Olinda, Olinda (2018), <https://www.olinda.pe.gov.br/cultura-de-olinda-ganha-reforco-com-a-reabertura-do-mercado-eufrasio-barbosa/> (acesso em 2023-04-15).

RECEBIDO: 2023.1.12

REVISTO: 2023.3.2

ACEITE: 2023.4.12

ONLINE: 2023.5.30



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>

Aplicación de tecnologías 3D para reproducciones museísticas: el cráneo de *Homo naledi* del MNCN

Aplicação de tecnologias 3D para reproduções museológicas: o crânio de *Homo naledi* do MNCN

Application of 3D technologies for museum reproductions: the skull of *Homo naledi* from the MNCN

MARÍA ÁVILA
RODRÍGUEZ ^{1*} 
SÓNIA SANTOS GÓMEZ ² 

1. Universidad Internacional de La Rioja, Av. De la Paz nº 137, 26006, Logroño, España

2. Universidad Complutense de Madrid, C/ Pintor El Greco nº 2, 28040, Madrid, España

*maria.avila@unir.net

Resumen

El trabajo que aquí se presenta ha tenido como objetivo fundamental desarrollar un planteamiento adecuado para la realización de una reproducción de un cráneo de homínido, en concreto de *Homo naledi*, cuyo original fue descubierto en el yacimiento de la cueva de Rising Star (Sudáfrica) y se encuentra expuesto en La Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo (Sudáfrica), donde se conserva para su investigación. La fragilidad del cráneo imposibilitaba la realización de un proceso de moldeo directo sobre él y, por ello, se han aplicado técnicas de digitalización e impresión 3D y una segunda fase que implica la realización de un moldeo tradicional sobre la impresión. La copia de esta pieza forma parte en la actualidad de la exposición permanente del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Se pone de manifiesto la importancia del empleo de las tecnologías 3D en el campo de la investigación, difusión y conservación del patrimonio cultural.

Resumo

O principal objetivo do trabalho aqui apresentado foi desenvolver uma abordagem adequada para a realização de uma reprodução de um crânio de homínido, especificamente de *Homo naledi*, cujo original foi descoberto na gruta de Rising Star (África do Sul) e se encontra em exposição na Universidade de Witwatersrand, Joanesburgo (África do Sul), onde é conservado para investigação. A fragilidade do crânio impossibilitou a realização de um processo de moldagem direta e, por isso, foram aplicadas técnicas de digitalização e impressão 3D, bem como uma segunda fase de moldagem tradicional sobre a impressão. A cópia desta peça faz atualmente parte da exposição permanente do Museu Nacional de Ciências Naturais de Madrid. Destaca-se a importância da utilização das tecnologias 3D no domínio da investigação, divulgação e conservação do património cultural.

Abstract

The main objective of the work presented here has been to develop an appropriate approach for making a reproduction of a hominid skull, specifically of *Homo naledi*, the original of which was discovered at the Rising Star cave site (South Africa), and is on display at the University of the Witwatersrand, Johannesburg (South Africa) where it is kept for research. The fragility of the skull made it impossible to carry out a direct molding process on it and, for this reason, digitization and 3D printing techniques have been applied and a second phase that involved carrying out a traditional molding on the impression. The copy of this piece is currently part of the permanent exhibition of the National Museum of Natural Sciences in Madrid. He highlights the importance that 3D techniques present for the field of research, dissemination and conservation of cultural heritage.

PALABRAS-CLAVE

Conservación-restauración
Museos
Tecnologías 3D
Cráneo
Reproducción
Divulgación

PALAVRAS-CHAVE

Conservação e restauro
Museus
Tecnologias 3D
Crânio
Reprodução
Divulgação

KEYWORDS

Conservation-restoration
Museums
3D-Technologies
Skull
Reproduction
Dissemination

Introducción

Las tecnologías 3D han adquirido, ya en la actualidad, un papel protagonista en el ámbito de la conservación de bienes culturales. En el caso de la conservación de patrimonio paleontológico ese empleo es fundamental, ya que permite realizar un estudio completamente inocuo de las piezas más frágiles a través de la reproducción de los hallazgos y su difusión entre la comunidad científica y gran público [1-3].

El caso que se presenta a continuación es un ejemplo de este empleo. Se trata de la realización de una réplica de un cráneo de *Homo naledi* que forma parte un conjunto de fósiles encontrados en octubre de 2013 en el yacimiento de la cueva de Rising Star (Sudáfrica), concretamente en la cámara Dinaledi [4]. Los fósiles hallados constituyen los restos de un grupo de, al menos, 15 individuos de esta especie en diferentes etapas de desarrollo [5]. En este descubrimiento participó un equipo internacional de investigación constituido por científicos de diversas instituciones, como la Universidad de Witwatersrand de Johannesburgo en Sudáfrica, la Universidad de Nueva York en Estados Unidos o el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN). El hallazgo fue registrado en la lista Top 10 de especies descubiertas en 2015 [6] y fue publicado en la revista *eLIFE* el artículo *Homo Naledi, a new species of the genus Homo from the Dinaledi Chamber, South Africa* [4]. Los fósiles se encuentran en la actualidad en la Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo, Sudáfrica, y se exponen solo por motivos especiales ya que, generalmente, se encuentran bajo custodia y disponibles únicamente para la investigación. Se trata de piezas de extraordinario valor científico, de ahí que el Museo de Ciencias Naturales valorara su exhibición ante el público a fin de darlas a conocer, ya que hacía poco se había publicado el descubrimiento [7].

Así, se consideró la digitalización y posterior impresión del cráneo de *Homo naledi*, con fines de estudio y divulgativos, para que fuera expuesta en el Museo Nacional de Ciencias Naturales como parte de la exposición permanente del Museo, en el área correspondiente a la Evolución Humana de la Sala de Paleontología y Geología. Con el estudio de la pieza digitalizada y la exposición de la réplica se salvaguarda la pieza original en adecuadas condiciones de conservación y se evita su manipulación. Este tipo de planteamientos están siendo puestos en práctica en la conservación de bienes culturales frágiles, tal y como se indica en algunas investigaciones [8-11].

A continuación, se describe toda la metodología de trabajo, así como medios humanos, equipamiento y materiales utilizados durante la realización de la reproducción. Como se verá, fue un proceso complejo en el que hubieron de utilizarse medios de trabajo sofisticados junto a otras técnicas de trabajo de carácter manual. Se aprovecharon al máximo los recursos del Laboratorio de Morfología Virtual del MNCN a la hora de realizar la réplica. En el desarrollo de la metodología de trabajo se tuvieron en cuenta experiencias previas y trabajos científicos relativos al empleo de las tecnologías 3D en la reproducción y reconstrucción física del Patrimonio Cultural, como se ha indicado [11-14].

Proceso de digitalización del cráneo de *Homo naledi*

La digitalización de la pieza ha permitido que pueda ser estudiada detalladamente a través de la pantalla del ordenador sin ocasionarle ningún tipo de deterioro. Los huesos del cráneo y del esqueleto post-craneal (Figura 1) fueron escaneados en Sudáfrica con un escáner 3D de la compañía NextEngine con las siguientes configuraciones: Macro, 12 divisiones con rotación automática, HD 17k ppi. Los registros obtenidos serían también ajustados, alineados y unidos mediante el software *ScanStudio HD Pro*, a fin de obtener así el modelo tridimensional definitivo, con el que después se trabajó en Madrid. En este modelo, no obstante, faltaba la zona de la cara media, ya que no fueron hallados en el yacimiento, y hubo de realizarse una reconstrucción virtual a el fin de completar el modelo 3D.

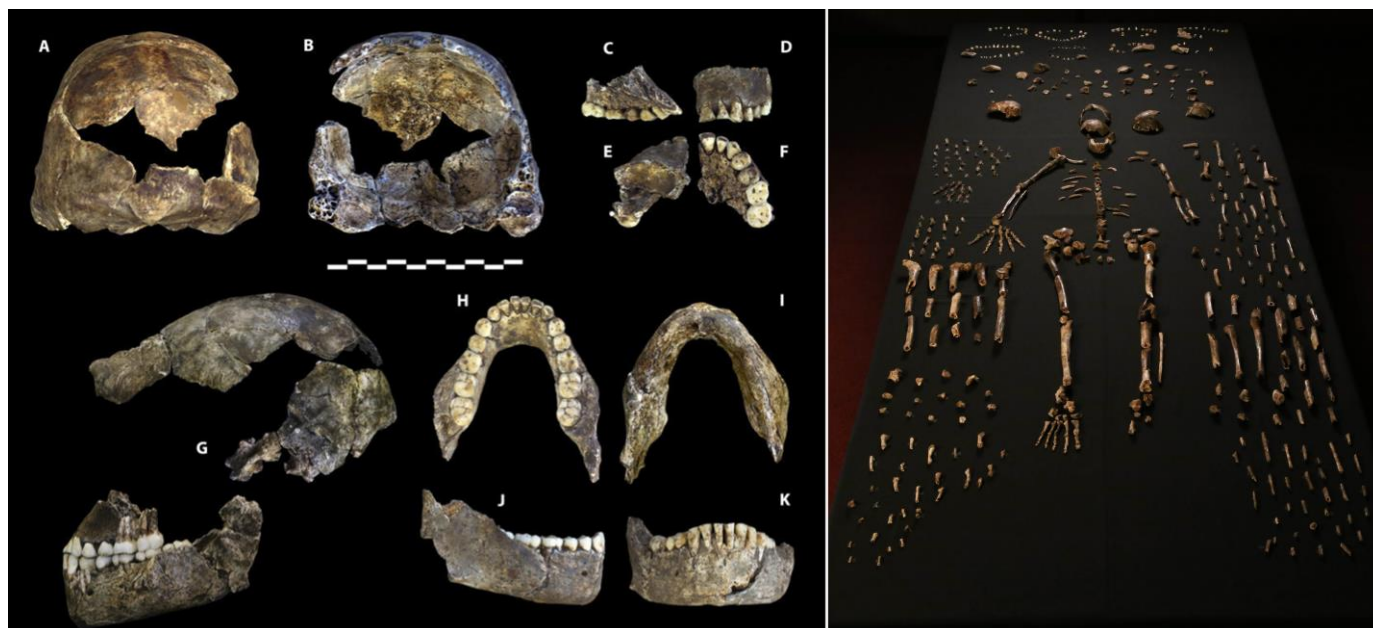


Figura 1. Fragmentos: a) de los fósiles del cráneo, de la maxila y de la mandíbula del individuo 1 de *Homo naledi* (DH1), vistos desde diversas perspectivas. (barra de escala = 10 cm); b) numerosos restos del esqueleto postcraneal, se trata del yacimiento que ha proporcionado la mayor colección de fósiles de una única especie en el continente africano [4].

Impresión y pátina del cráneo de *Homo naledi*

Metodología y resultados obtenidos

Debe indicarse que la bibliografía que aporta metodologías y resultados en la reproducción de bienes culturales mediante las tecnologías 3D pone de manifiesto que estos vienen condicionados por los fines perseguidos. Como indican algunos autores, algunas reproducciones realizadas en museos se realizan con el fin de obtener un modelo fiel fundamentalmente en cuanto dimensiones y textura de modo permita la manipulación y estudio de la pieza para fines científicos mientras. En otros casos, prima que la réplica recree un aspecto realista y presente un color muy similar al original [15] de cara a mostrar la pieza ante el público. En este trabajo se persigue una reproducción morfológica muy aproximada, pero también, la obtención de un modelo muy cercano al cráneo original con fines didácticos, ya que será expuesta en la Sala de Paleontología y Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid).

En la realización del modelo materializado, puede optarse por diversas metodologías, equipos y materiales de trabajo y con todos ellos los resultados pueden ser absolutamente satisfactorios y adaptados a los objetivos perseguidos.

Por ejemplo, la empresa Factum Arte realiza habitualmente impresiones 3D intermedias, no definitivas, que sirven para estudiar el modelo obtenido, en cuanto a textura y dimensiones, y después, sobre este, realiza su molde tradicional y el positivo definitivo con resina, pigmentos y cargas que proporcionan a la reproducción un aspecto muy realista y fiel al original [16]. Otra metodología implica la impresión de la pieza en el material definitivo y el color final es aplicado *a posteriori* sobre la pieza [11]. También existe la opción de emplear una impresora 3D para la obtención de la réplica con su coloración final. No obstante, debe decirse que las impresoras que permiten la impresión fiel del color suelen ser costosas y, por otra parte, los resultados derivados de su empleo muestran algunas divergencias del color del modelo con respecto a la coloración del modelo original [15], aunque en ciertos casos se hayan obtenido buenos resultados [17]. Por último, también se puede optar por dejar la pieza impresa sin colorear, a fin de que sea diferenciable del original [18].

En el caso del equipo investigador que ha desarrollado el trabajo que aquí se presenta, se ha optado por optimizar al máximo los recursos de los que se disponía y se han realizado una serie de pruebas previas que han permitido acotar la decisión final. Esta, como se verá, ha consistido en imprimir la copia en un material intermedio para, a continuación, realizar un molde y ya su definitivo vaciado en resina pintando el molde con los pigmentos seleccionados a partir de la coloración que presenta el original. Pintando el molde se evita que la textura de la pieza sea cubierta por una pintura posterior.

Como se ha indicado, para la materialización del archivo 3D de la pieza, el Laboratorio de Morfología Virtual del MNCN contaba, con el archivo 3D del cráneo y la impresora Makerbot Replicator 2.

Este equipo fue desarrollado por la compañía 3D Hubs y presenta un chasis de acero, pantalla LCD con controles incorporados, conectividad de tarjeta SD y un volumen de construcción de 28,5 × 15,3 × 15,5 cm. Imprime con PLA (ácido poliláctico) u otros filamentos como ABS, y emplea tecnología FDM (modelado por deposición fundida). Cuenta con un cabezal extrusor y el diámetro de los filamentos de PLA son de 1,75 mm. La precisión de los ejes XY es de 11 µm y del Z es de 2,5 µm.

Antes de considerar una impresión definitiva, se realizaron ensayos con diferentes tipos de filamentos de PLA, que proporcionaron diferentes coloraciones a los fragmentos impresos: impresión A - filamento Warm Grey, impresión B - filamento Natural, impresión C - filamento Glow y impresión D - filamento Artic White (Figura 2).

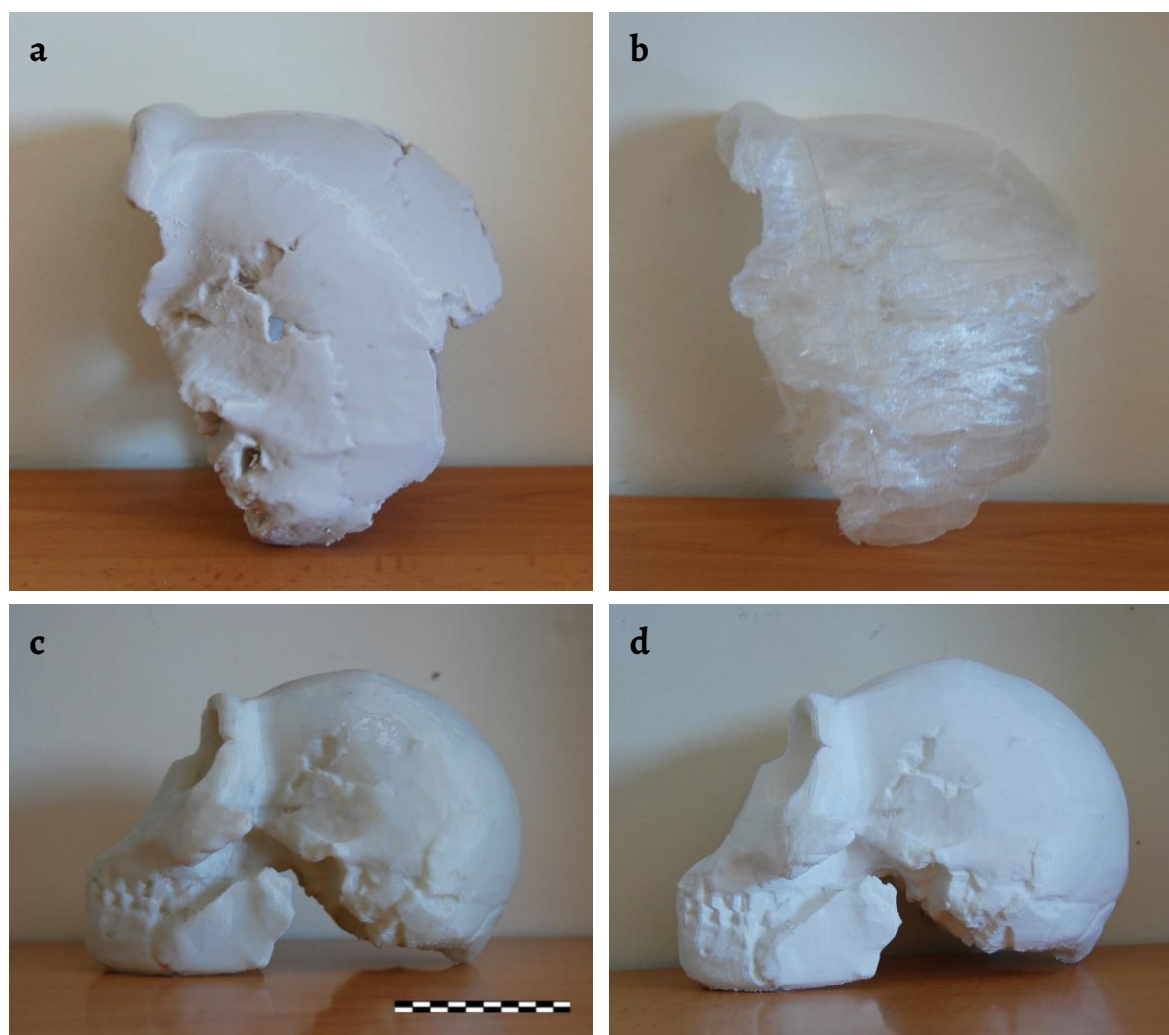


Figura 2. Impresiones escogidas para realizar pruebas de patinado: a) filamento Warm Grey; b) filamento Natural; c) filamento Glow Fill; d) filamento Artic White (barra de escala = 10 cm) (fotos: M. Ávila Rodríguez).

El espesor de capa que proporciona la impresora es de 100 μm buscando un compromiso entre calidad, tiempo de impresión y material.

Sobre estas impresiones fueron realizadas las pruebas de patinado, que determinaron además el tipo de filamento a utilizar en la impresión final.

Ensayos con la pátina sobre modelos

Para realizar las pruebas de color se preparó una pátina constituida por la mezcla de pigmentos aglutinados con el barniz mate Picture Varnish Matt Talens, es decir, barniz acrílico (0,1 g de pigmento marca Winsor & Newton por cada 150 ml de barniz). Los pigmentos utilizados fueron tierras, óxidos de hierro y blanco de titanio.

En las impresiones se seleccionaron las zonas concretas como referencia sobre las cuales se aplicarían capas de la mezcla de la pátina escogida. Las áreas seleccionadas fueron delimitadas con rotulador permanente. La pátina se aplicó en dos capas, dejando secar la primera durante 24 horas.

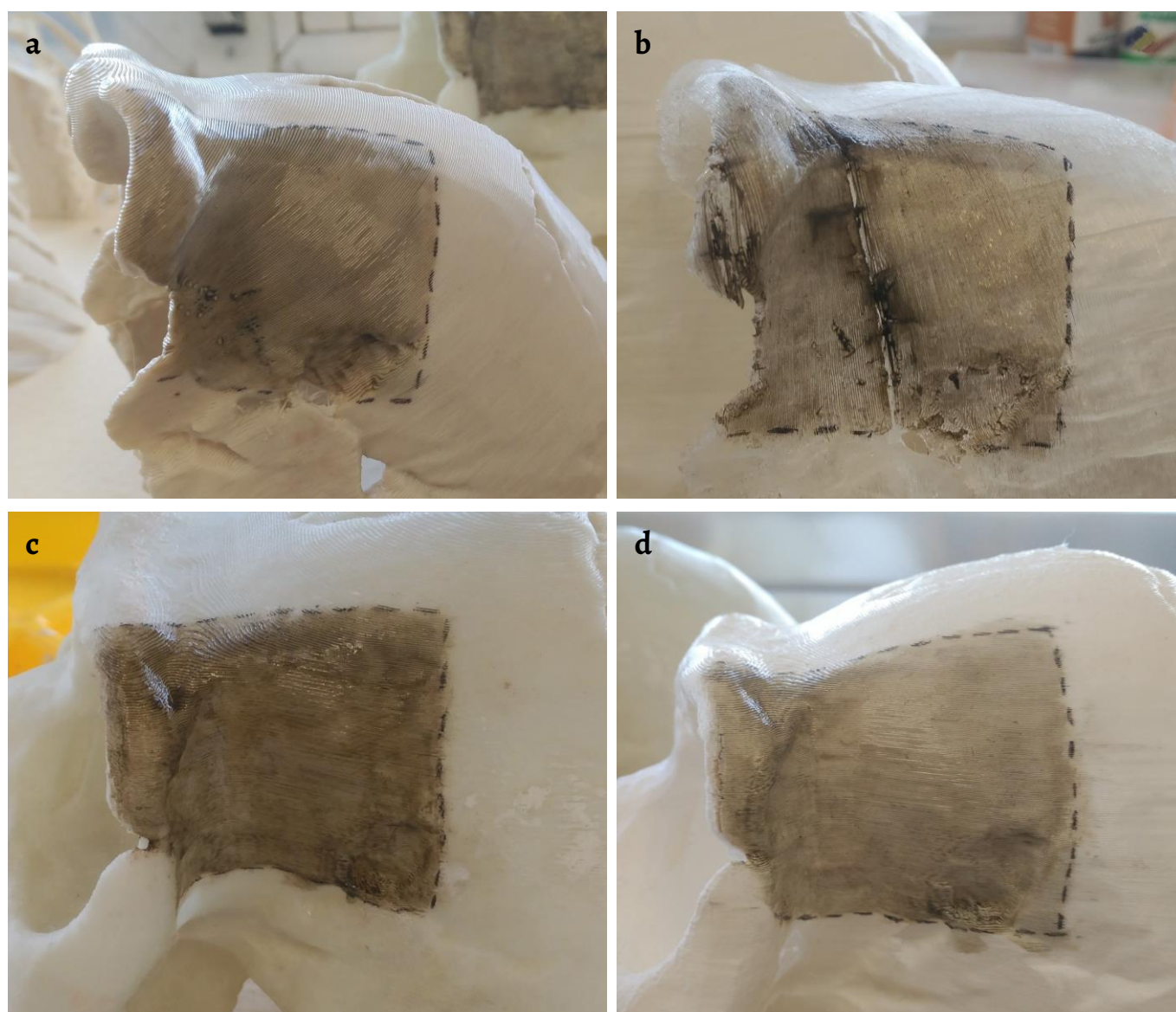


Figura 3. Las pruebas realizadas muestran que cada material se comportó de un modo distinto al recibir la pátina: *a)* prueba A, realizada con filamento Warm Grey; *b)* prueba B, realizada con filamento Natural; *c)* prueba C, realizado con filamento Glow Fill; *d)* prueba D, realizada con Artic White (fotos: M. Ávila Rodríguez).

Se obtuvieron resultados diferentes en las diversas impresiones. La prueba A (Figura 3a), realizada en la impresión con filamento Warm Grey, resultó excesivamente brillante, debido al brillo de la propia pieza, sumado al brillo del barniz aplicado. Este exceso de brillo resulta totalmente desaconsejable cuando se trata de realizar una reproducción de un fósil, puesto que la superficie ósea del fósil original jamás presentaría brillos tan acusados. La prueba B (Figura 3b), realizada con filamento Natural, fue la que peores resultados ofreció, puesto que la pátina quedó excesivamente oscura. La prueba C (Figura 3c), correspondiente al filamento Glow Fill, funcionó bien en cuanto a color. La última prueba, la D (Figura 3d), realizada con Artic White fue también relativamente satisfactoria, debido a que el filamento proporcionó un color blanco a la pieza, que combinado con el de la pátina, dio lugar a un tono natural.

Pruebas de eliminación de la pintura estratificada

A pesar de que podría haberse realizado la impresión final con las pruebas C y D, se consideró también llevar a cabo, previamente, la eliminación de la textura que la impresora deja en la pieza debido a que trabaja por deposición y, por tanto, estratificación del material. Dado que el objetivo de este trabajo era lograr la recreación lo más fiel y realista posible de la pieza impresa, de acuerdo también a los medios materiales con que cuenta el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), la aplicación de la pátina ponía aún más de manifiesto estas estratigrafías, con lo que se consideró esa eliminación.

Se buscaron entonces soluciones comerciales y se hallaron productos, como XTC-3D, que se encarga de eliminar las estratificaciones de las piezas impresas.

Para la realización de estas pruebas solo se emplearon las impresiones C y D, ya que se disponía de una mayor superficie para realizarlas.

El producto XTC-3D es, en esencia, una resina epoxídica y se presenta en forma de dos componentes líquidos (A) y (B) que se mezclan en las proporciones indicadas por el fabricante (2A:1B), hasta obtener una mezcla homogénea que se aplicaba a pincel.

Se decidió probar también la aplicación del producto con un tono base que aportase coloración a la pieza, añadiendo para ello pigmentos sombra natural y tostada comercializados por Manuel Riesgo.

Por tanto, finalmente se realizaron diversas aplicaciones: una capa del producto (sin añadir pigmento) en una zona concreta del cráneo c y del cráneo d, y con tres diferentes concentraciones de pigmento (en otras tres zonas). En cada una de las capas se fue añadiendo más pigmento, con el fin de obtener tres tonos en escala de claro a oscuro, tal y como se indica en la Tabla 1 (% p/p).

Tabla 1. Proporciones de XTC-3D y pigmento que se aplicaron en las muestras del cráneo c y d.

Muestras cráneo	Proporción XTC-3D (%)	Proporción pigmento (%)
1c y 1d	100	0
2c y 2d	99,93	0,06
3c y 3d	99,86	0,13
4c y 4d	99,80	0,19

Tras dejar pasar el tiempo de curado que el fabricante establece para la resina epoxídica (2 horas a temperatura ambiente), los resultados obtenidos (Figura 4) determinaron que:

- 1) El producto aportaba un brillo que era contraproducente para el tipo de acabado exigible para la pieza. Como ya ha sido indicado, un cráneo, y menos aún un fósil, no puede presentar brillo puesto que su materia constitutiva, el hueso, constituye un material mate. Este problema podría probablemente subsanarse con la realización de un lijado manual de la superficie, lo que apagaría dicho brillo a costa de que la pieza no presentara un registro fidedigno.

- 2) La aplicación del producto no eliminó completamente la estratificación producida por la impresora, pero sí interfería en su textura, restando detalle a la información de la superficie que fue correctamente escaneada y posteriormente impresa.
- 3) Por otra parte, se pudo apreciar que el producto no había curado completamente. La mezcla fue correctamente medida y mezclada, por lo que puede ser que al aplicarse sobre determinados materiales se produzcan reacciones que impidan el correcto curado de la resina. Como consecuencia, tres meses después de la aplicación del producto, este se encontraba aún mordiente.



Figura 4. Aplicación de las pruebas: *a)* producto recién aplicado (aún no secado); *b)* tres meses después la muestra ha atrapado pelusas y polvo ambiental y el pigmento fluido se ha introducido en la textura de la pieza; *c)* goteo del producto sobre la superficie de la pieza; *d)* ejemplo de los brillos que el producto proporcionó a la pieza (fotos: M. Ávila Rodríguez).

Ante la gran cantidad de inconvenientes que conlleva la utilización del producto, se decidió descartar su uso, puesto que no aportó mejoras al proyecto. No obstante, se valoró que el producto ensayado podría resultar útil en otro tipo de modelos en los que no importase tanto el registro de la superficie de la pieza, ni el brillo que aporta y solo sea imprescindible ocultar la estratificación generada por la impresora. Finalmente, se planificó otra metodología que incluyó la realización de un molde manual.

Realización del molde y vaciados tradicionales

Para realizar un molde, la metodología tradicional normalmente implica el empleo de silicona aplicada directamente sobre el modelo a reproducir. En los fósiles, dadas las características que suelen presentar, de porosidad y habitual fragilidad, se presenta como no recomendable trabajar directamente sobre ellos, sobre todo cuando se cuenta con otras tecnologías. Por ello, el procedimiento seguido en este caso consistió en realizar un molde de la pieza impresa, para posteriormente vaciarlo, pero de modo que la pieza saliera del molde ya pintada. Con ello, se evita el patinado directo y la posibilidad de que el arrastre de la pátina con la brocha o el pincel sobre la superficie del modelo impreso se introdujera entre las líneas paralelas de la estratificación. Por tanto, con la realización del molde y el posterior vaciado, se eliminarían los anteriormente citados inconvenientes derivados de aplicar una pátina directa sobre la impresión. Aun así y, como se ha indicado, se tuvo en cuenta que el molde obtenido registraría la estratificación de la pieza.

Una vez seleccionado el modelo sobre el que trabajar, correspondiente al que presentaba una mejor calidad de impresión (Figura 5), se procedió al moldeo de la pieza.



Figura 5. Cráneo escogido desde diferentes vistas: a) superior b) inferior c) perfil derecho y d) perfil izquierdo (fotos: M. Ávila Rodríguez).

El proceso incluyó tres fases:

- 1) Realización del molde de silicona, para obtener el registro de la superficie.
- 2) Realización del contramolde de escayola, que aportaría rigidez al molde flexible, a fin de que este mantenga el registro de la silicona convenientemente.
- 3) Realización del vaciado de la pieza, con resina, pigmentos y cargas, dando lugar a diferentes acabados.

Cuando la pieza se encontraba lista para su moldeo, se diseñó el molde y decidieron las piezas de las que este se compondría. Lo ideal en la realización de un molde es que este tenga el menor número de piezas posible ya que, de este modo, el vaciado tendrá un menor número de juntas que habrán de ser repasadas. La morfología compleja de este modelo obligó a realizar tres piezas. Se decidió que la parte 1 del molde fuese la zona del neurocráneo, con lo que la base del cráneo sería el punto de apoyo que se emplearía en la construcción del molde.

En este caso se han realizado encofrados de plastilina con colas de milano y empleado silicona bicomponente de condensación con una viscosidad de 25000 mPa.s., lo suficientemente baja como para que tuviese una alta capacidad de registro de la textura de la superficie de la pieza. Como agente de curado se utilizó un derivado del estaño, con un tiempo de trabajo de 90 a 120 minutos y de curado de 24 horas [7]. En concreto fue empleada la silicona comercializada por Feroxa S.A., Silastic 3481 y su agente de curado 81. Ambos componentes se mezclaron tal y como indica el fabricante, en proporción 100:5, (silicona base: agente de curado).

Se dejó curar esta primera capa y aplicó una segunda para engrosar el molde y que este tuviera 3 o 4 mm de grosor, añadiendo agente tixotrópico a la mezcla, con el fin de aumentar la viscosidad de la silicona.

Una vez la silicona estuvo curada, se eliminaron las colas de milano de plastilina y se procedió a aplicar la escayola que constituiría la parte rígida de esta primera parte del molde. Se cubrió la silicona, hasta llegar al límite de la pista (Figura 6a).

Cuando la escayola hubo endurecido por completo y fue repasada con escofinas, se dio entonces la vuelta al molde (Figura 6b) para realizar siguiente parte, la pieza 2 del molde.

Se construyó también para esta segunda parte un encofrado de plastilina con colas de milano y, antes de aplicar la silicona, se cubrieron con vaselina todas las colas de milano y la silicona y los márgenes de la escayola de la primera parte del molde, para que no se adhiriesen a esta segunda parte. Se aplicaron entonces las dos capas de silicona siendo la primera de ellas de registro y la segunda para engrosar el molde, dejando transcurrir 24 horas entre la aplicación de una y otra. Con las dos capas de silicona curadas se retiraron las colas de milano de plastilina y se realizó otra parte de la carcasa.

Para la realización de la tercera parte del molde, se siguió la misma metodología seguida en las dos partes anteriores (Figura 7).

Finalmente, se abrió el molde y extrajo la pieza del interior para realizar el vaciado.

En la realización del vaciado se empleó una resina epoxídica para laminados, Epofer EX402 y su endurecedor E-430, con filtro UV a fin de favorecer la estabilidad de la reproducción y evitar su amarilleamiento. Además, se utilizó bentonita, en concreto Bentone SD, como espesante de la mezcla que permitiría aplicarla sobre la pared del molde con espátula y que esta no descolgase. Se incluyeron además con en mezcla pigmentos en polvo, tierras, blanco de titanio, negro de marte y ocre, comercializados por Manuel Riesgo escogidas para conseguir los tonos adecuados para de un fósil recién extraído de una excavación.

Antes de aplicar la mezcla sobre el molde, se dio una pátina de pigmento en polvo mediante la utilización de pincel directamente sobre la silicona, con el fin de aportar tonalidad a la pieza de un modo más natural.



Figura 6. Realización del contramolde de escayola, carcasa de escayola de la primera parte del molde vista desde: *a)* la parte posterior y *b)* de frente; (fotos: M. Ávila Rodríguez).



Figura 7. Proceso de realización de la última parte del molde: *a)* partes 1 y 2 del molde ya terminadas - la pieza de la parte inferior es la parte 1 mientras que la de la parte superior correspondía a la parte 2, en medio, el hueco libre, correspondía a la base del molde, sería la parte 3 del mismo; *b)* las colas de milano listas para recibir la silicona; *c)* el molde ya completo (fotos: M. Ávila Rodríguez).

Pintando el molde y extrayendo la pieza ya pintada se evita pintar de nuevo el vaciado una vez extraído del molde y de este modo no se pierde el registro de la silicona. Cuando los pigmentos se aplican en seco con un pincel sobre la silicona para posteriormente añadir la resina, esta atrapa el color y lo fija cuando cura. Por otra parte, el hecho de aplicar el pigmento en polvo sobre el molde, reduce el efecto de acumulación de este en las estratificaciones (Figura 8). Como se ha indicado cuando se hizo referencia a la aplicación de la pátina, cuando el pigmento se aplica aglutinado con barniz tiende a acumularse más el color de la pátina en las líneas paralelas de la pieza.



Figura 8. Pintura del molde: *a) - c)* aplicación del color; *d)* la resina y el cordón de sellado han sido aplicados en toda la pieza 1 del molde (fotos: M. Ávila Rodríguez).

En este momento se tuvo en cuenta la zona que había sido reintegrada virtualmente, destacándola del resto del molde por ser más clara, sin aplicarle pigmento, con el fin de diferenciar claramente aquellos huesos que sí pudieron digitalizarse a partir del modelo real, respecto de lo que es una reintegración virtual.

Una vez pintado el molde (Figura 8a-c), se aplicó la resina, cubriendo toda la superficie con la mezcla (Figura 8d) y se cerró.

Transcurridas 72 horas, tiempo de endurecimiento de la resina indicado por el fabricante, se abrió el molde y extrajo la pieza. Se eliminaron entonces con un bisturí las rebabas de la resina sobrante.

El resultado alcanzado finalmente fue muy satisfactorio, ya que no se aprecia la estratificación generada por la impresora en el modelo reproducido (Figura 9). En este sentido, debe indicarse que la metodología desarrollada se aproxima a la practicada por Factum Arte en sus proyectos tridimensionales [16], si bien en este caso se ha optado por pintar directamente el molde para mantener dentro de lo posible, la textura registrada por la silicona, evitando la aplicación posterior de capas de pintura.

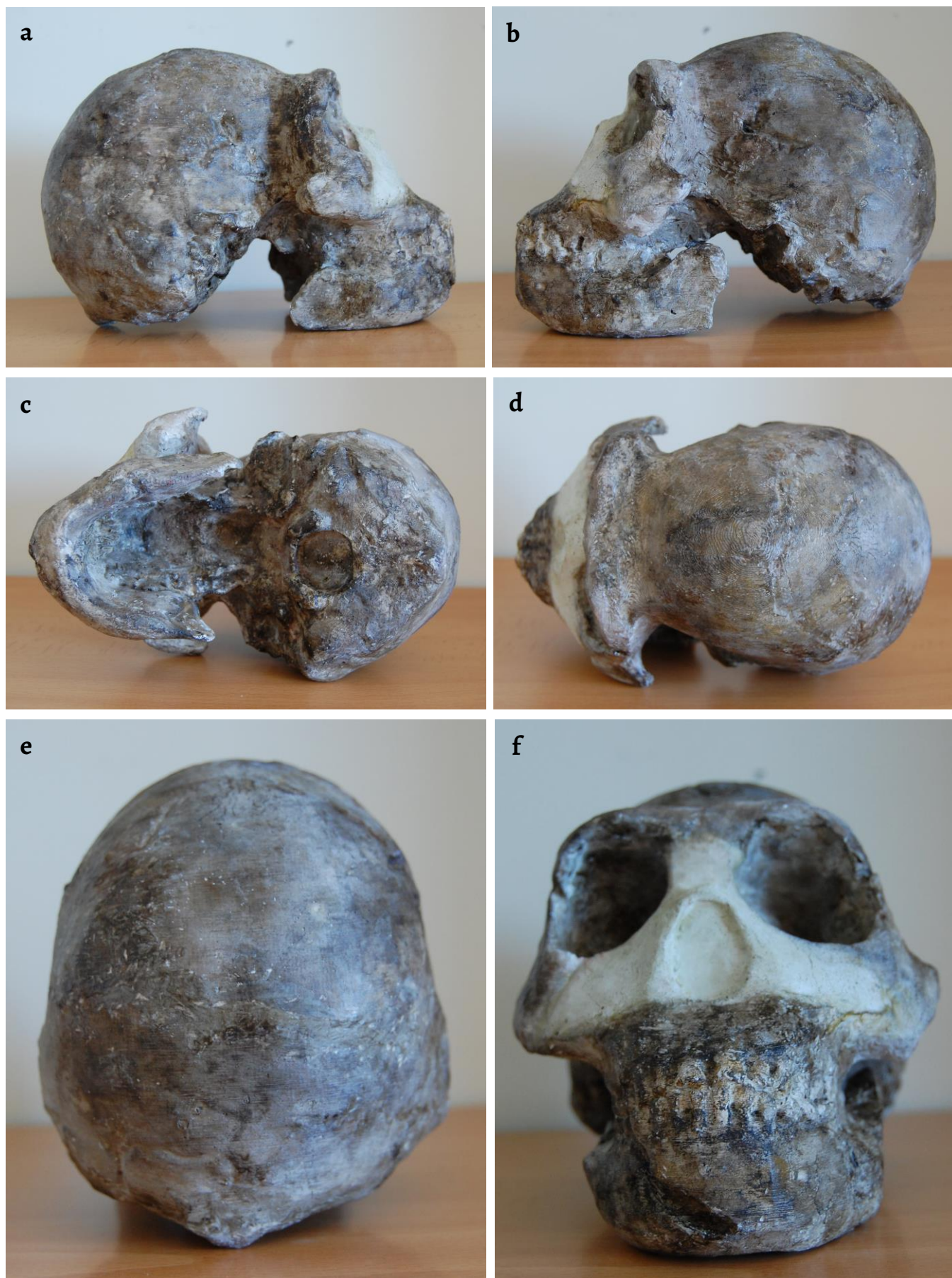


Figura 9. Resultado final del cráneo, desde diferentes vistas: *a)* perfil derecho, *b)* perfil izquierdo, *c)* vista inferior, *d)* vista superior, *e)* vista trasera, *f)* vista frontal (fotos: M. Ávila Rodríguez).



Figura 10. Cráneo expuesto en el Museo Nacional de Ciencias (foto: C. Rosillo).

Finalmente, la reproducción fue ubicada en junio del 2016 en el MNCN, en la zona de Evolución Humana del Museo de la Sala de Paleontología y Geología, donde forma parte de su exposición permanente (Figura 10).

Conclusiones

Hoy en día, la posibilidad de la utilización de las herramientas 3D para digitalizar e imprimir patrimonio paleontológico permite la investigación de las piezas por parte de la comunidad científica y la exposición de sus réplicas para su difusión entre el gran público, a la vez que se salvaguarda la estabilidad material de los originales.

El caso que se ha presentado en este trabajo hace referencia a un cráneo de *Homo naledi*. Constituye esta una pieza de especial relevancia científica que se conserva en La Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo, en Sudáfrica. Su digitalización ha supuesto la actuación del proyecto Rising Star (University of the Witwatersrand, National Geographic) de modo que se pudiera estudiar la pieza por parte de la comunidad científica, a la vez que se garantizaba su conservación.

La decisión del Museo Nacional de Ciencias Naturales de realizar una réplica responde a esa idea de salvaguarda del original a la vez que se difunde entre el público. La realización de la reproducción ha contado con las limitaciones que existían en cuanto a equipamiento tecnológico más o menos sofisticado, pero han podido ser salvadas mediante la combinación de la impresora 3D y un moldeo tradicional y la realización de numerosas pruebas, hasta encontrar la metodología adecuada para lograr una reproducción fiel al original y unos resultados altamente satisfactorios.

Los materiales de moldeo no entraron en contacto con el original y, por tanto, éstos no pudieron alterar aspectos como el brillo o color de la pieza original.

Esta metodología de trabajo podría ser utilizada en instituciones con medios materiales y necesidades similares.

Agradecimientos

Proyect: *Materiales poliméricos para impresión 3D en la creación artística y la conservación del patrimonio. Propiedades físico-químicas y comportamiento a largo plazo*. Ref.: PID2020-114393RB-I00. Ministerio de Ciencia e Innovación. Doctor Markus Bastir, responsable científico del Laboratorio de Morfología Virtual del MNCN. Proyecto CGL2015-63648-P, MINECO, MNCN-CSIC.

REFERENCIAS

1. Bruner, E.; Bastir, M., 'Digital morphology: modelling anatomy and evolution', *Journal of Anthropological Sciences* **86** (2008) 3-5.
2. Weber, G. W., 'Virtual Anthropology (VA): A call for Glasnost in paleoanthropology', *The Anatomical Record (New Anat.)* **265** (2001) 193-201, <https://doi.org/10.1002/ar.1153>.
3. Cunningham, J. A.; Rahman, I. A.; Lautenschlager, S.; Rayfield, E. J., Donoghue, P. C. J., 'A virtual world of paleontology', *Trends in Ecology & Evolution* **29** (2014) 347-357, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.04.004>.
4. Berger, L. R.; Hawks, J.; Ruitter, D. J.; Churchill, S. E.; Schmid, P.; Deleuzene, L. K.; Kivell, T. L.; Garvin, H. M.; Williams, S. A.; DeSilva, J. M.; Skinner, M. M.; Musiba, C. M.; Cameron, N.; Holliday, T. W.; Harcourt-Smith, W.; Ackermann, R. R.; Bastir, M.; Bogin, B.; Bolter, D.; Brophy, J.; Cofran, Z. D.; Congdon, K. A.; Deane, A. S.; Dembo, M.; Drapeau, M.; Elliott, M. C.; Feuerriegel, E. M.; Garcia-Martinez, D.; Green, D. J.; Gurtov, A.; Irish, J. D.; Kruger, A.; Laird, M. F.; Marchi, D.; Meyer, M. R.; Nalla, S.; Negash, E. W.; Orr, C. M.; Radovic, D.; Schroeder, L.; Scott, J. E.; Throckmorton, Z.; Tocheri, M. W.; VanSickle, C.; Walker, C. S.; Wei, P.; Zipfel, B., 'Homo naledi, a new species of the genus Homo from the Dinaledi Chamber, South Africa', *eLife* **4** (2015) e09560, <https://doi.org/10.7554/eLife.09560.001>.
5. 'Investigadores del MNCN participan en la descripción de *Homo naledi*, una nueva especie de homínido', in *Museo Nacional de Ciencias Naturales* (2015), <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/investigadores-del-mncn-participan-en-la-descripcion-de-homo-naledi-una-nueva-especie> (acceso en 2023-05-19).
6. 'Anuncian las especies Top 10 descubiertas en 2015', in *Museo Nacional de Ciencias Naturales*, <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/anuncian-las-especies-top-10-descubiertas-en-2015> (acceso en 2023-05-19).
7. Herrero-Cortell, M. A., 'Ars geminis pro ars. Las copias y reproducciones patrimoniales: usos, tendencias, percepción, y repercusión social', *RdM, Revista de Museología: Publicación científica al servicio de la comunidad museológica* **67** (2016) 11-20.
8. Santos, S.; Zurdo, L.; Ávila, M.; De Arriba, P.; Rodríguez, P.; Galán, M.; Tena, S.; Terrón, P.; Blanch, E.; Gil, R., 'Aplicación de la tecnología 3D en la restauración del conjunto escultórico Los Portadores de la Antorcha, de la Ciudad Universitaria de Madrid', *Arte, Individuo y Sociedad* **30** (1) (2018) 61-75, <https://doi.org/10.5209/ARIS.55743>.
9. Santos, S., 'El empleo de las tecnologías 3D en la conservación del patrimonio y su aplicación en la realización de reproducciones de bienes culturales', *Observar* **11** (1) (2017) 97-114, <https://www.observar.eu/ojs/index.php/Observar/article/view/78> (acceso en 2023-05-17).
10. Ávila Rodríguez, M., *Aplicación de la tecnología 3d a las técnicas de documentación, conservación y restauración de bienes culturales*, Disertación de doctorado, Departamento de Pintura y Conservación-Restauración, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (2018).
11. Henriques, F.; Bailão, A.; Rocha, J.; Costa, J., 'Restoration of an 18th century frame: 3D modelling, printing and matching color of decorative flowers elements', *Ge-conservación* **18** (2020) 313-322, <https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.854>.
12. Zhang, F.; Huang, X.; Fang, W.; Zhang, Z.; Li, D.; Zhu, Y., 'Texture reconstruction of 3D sculpture using non-rigid transformation', *Journal of Cultural Heritage* **16** (2015) 648-655, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2014.11.004>.
13. Parfenov, V.; Igoshin, S.; Masaylo, D.; Orlov, A.; Kuliashou, D., 'Use of 3D Laser Scanning and additive technologies for reconstruction of damaged and destroyed cultural heritage objects', *Quantum Beam Science* **6** (2022) 11, <https://doi.org/10.3390/qubs6010011>.
14. Wachowiak, M. J.; Karas, B. V., '3d Scanning and replication for museum and cultural heritage applications', *Journal of the American Institute for Conservation* **48** (2009) 141-158, <https://doi.org/10.1179/019713609804516992>.
15. Ballarin, M.; Balletti, C.; Vernieri, P., 'Replicas in cultural heritage: 3D printing and the museum experience', *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII(2)* (2018) 55-62, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-55-2018>.

16. *Factum Arte - Digitalisation and facsimiles*, <https://www.factum-arte.com/ind/559/digitisation-facsimiles> (acceso en 2023-05-19).
17. Malik, U. S.; Tissen, L. N. M.; Vermeeren, A. P. O. S., '3D reproductions of cultural heritage artifacts: evaluation of significance and experience', *Studies in Digital Heritage* **5** (1) (2021) 1-29. <https://doi.org/10.14434/sdh.v5i1.32323>.
18. Liu, S.; Tu, Y., Wang, X.; Qin, B.; Xie, Z.; Zhang, H.; Hu, D., 'Transparent reversible prosthesis, a new way to complete the conservation-restoration of a Black Ding bowl with application of 3D technologies', *Heritage Science* **10** (2022) 14, <https://doi.org/10.1186/s40494-022-00646-0>.

RECIBIDO: 2022.3.29

REVISTO: 2022.11.2

ACEPTADO: 2022.12.18

ONLINE: 2023.5.30



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>

Decision-making process and restoration work of a photographic-based artwork by Ernesto de Sousa

Tomada de decisão e intervenção numa obra de arte fotográfica de Ernesto de Sousa

ÉLIA ROLDÃO ^{1*} 
 SUSANA FRANÇA DE SÁ ¹ 
 ALEXANDRA PINTO
 RODRIGUES ² 
 EMÍLIA TAVARES ³

1. LAQV-REQUIMTE, Department of Conservation and Restoration, NOVA School of Science and Technology, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal

2. Independent conservator-restorer

3. Museu Nacional de Arte Contemporânea do Chiado, Rua Serpa Pinto, 4 | Rua Capelo, 13, 1200-444 Lisboa, Portugal

*e.roldao@fct.unl.pt

Abstract

This paper discusses the conservation challenges posed by the mixed-media photographic artwork, *Revolução, Corpo, Tempo* (1978) by Ernesto de Sousa, from Museu Nacional de Arte Contemporânea do Chiado, in Portugal. Due to the artwork's poor condition and an exhibition request, a conservation intervention was needed. However, the definition of a conservation plan was challenging because of the complex and singular creative process of Ernesto and the highly deteriorated exhibition mounting. The lack of existing information led to the start of a research study and to the production of new documentation. This paper examines the gathered knowledge on Ernesto de Sousa's work and case study, and his possible position regarding the artwork's deterioration and evolution over time – fundamental issues for decision-making in conservation. Based on visual observation, archive research, informal interviews, photo-documentation, infrared spectroscopy, and x-ray fluorescence spectroscopy, this paper discusses the challenges, the methodology and the applied treatment.

Resumo

Este artigo discute os desafios na conservação da obra fotográfica de técnica mista, *Revolução, Corpo, Tempo* (1978) de Ernesto de Sousa, do Museu Nacional de Arte Contemporânea do Chiado (Portugal). Devido aos danos na obra e um pedido para exposição, foi necessário realizar uma intervenção de conservação. A definição de um plano de conservação foi desafiante devido à falta de informação sobre o complexo e singular processo criativo do autor e aos extensos danos nos elementos da montagem. Este artigo analisa a informação recolhida sobre a obra e o caso de estudo, e discute a possível posição do artista face à deterioração e evolução da obra ao longo do tempo – questões fundamentais para a tomada de decisão em conservação. Através da observação visual, pesquisa em arquivos, entrevistas informais, foto-documentação, espectroscopia de infravermelho e micro-fluorescência de raios X, apresentam-se os desafios, a metodologia e o tratamento realizado.

KEYWORDS

Ernesto de Sousa
 Photography
 Mixed media
 Condition assessment
 Decision-making
 Conservation and restoration

PALAVRAS-CHAVE

Ernesto de Sousa
 Fotografia
 Técnica mista
 Avaliação do estado de conservação
 Tomada de decisão
 Conservação e restauro

Introduction

The photographic work by Ernesto de Sousa (1921-1988) raises many challenges to curatorial and conservation decisions. His work is characterised by the relevance of a conceptual nature to the detriment of processes, techniques, and materials, like many artists from the neo-avant-garde period [1-2]. The presence of unique display mountings and complex assemblages with different elements and often made of precarious materials is also commonly found in this artist [1-2]. The *povero* character, the appropriation of materials from the mass media, and the artwork being understood as a process, are characteristics of Ernesto de Sousa's work, which poses challenges to conservation praxis. The *povero* character refers to the connection of Ernesto's work to the "Arte Povera Movement" initially developed in Italy in the 1960s. As Ernesto was a profound connoisseur and admirer of the Italian art and culture of this period, his artistic work adopts the practice of using materials linked to everyday or non-artistic use in the sense of valuing the ideas and not the material in artistic terms, hence the use of plastics, ropes, fabrics etc. Also, his photographic work relies on a broader and more polysemic discourse, that, as the expression indicates, it is influenced by other areas of thought. For this reason, his work should be understood in the perspective of different fields of knowledge such as semiotics, communication theory, politics, and literature. Ernesto's works result from merging various forms of art and communication, many times categorized as mixed-media rather than photography [1-2]. His artworks should also be understood as hybrid documents that may change meaning over time and – from an exhibition point of view are always thought of – procedural instruments for a dialogue with the public. Ernesto de Sousa consciously refused any understanding of his photographic work as a unique object, and he did not have any interest in exploring the aesthetics of materials. It is, on the other hand, the polysemic, democratic and accessible character of the photographic document that – for the artist – constitutes the starting point for its use in more complex and interventionist models of artistic-political thoughts.

The artwork *Revolução, Corpo, Tempo* (1978) – in English, *Revolution, Body, Time* – (Figure 1), belongs to the collection of the Museu Nacional de Arte Contemporânea do Chiado (MNAC) since 2012, when Ernesto de Sousa's widow, Isabel Alves, donated the artwork to the museum. It is composed of three vertical strips of laminated photographic print sets (developing-out-paper), assembled by adhesive tapes. A wood element is positioned at the end of the third strip. For display, each strip is fixed to the wall through perforations of two metal eyelets and nails at the top and bottom.

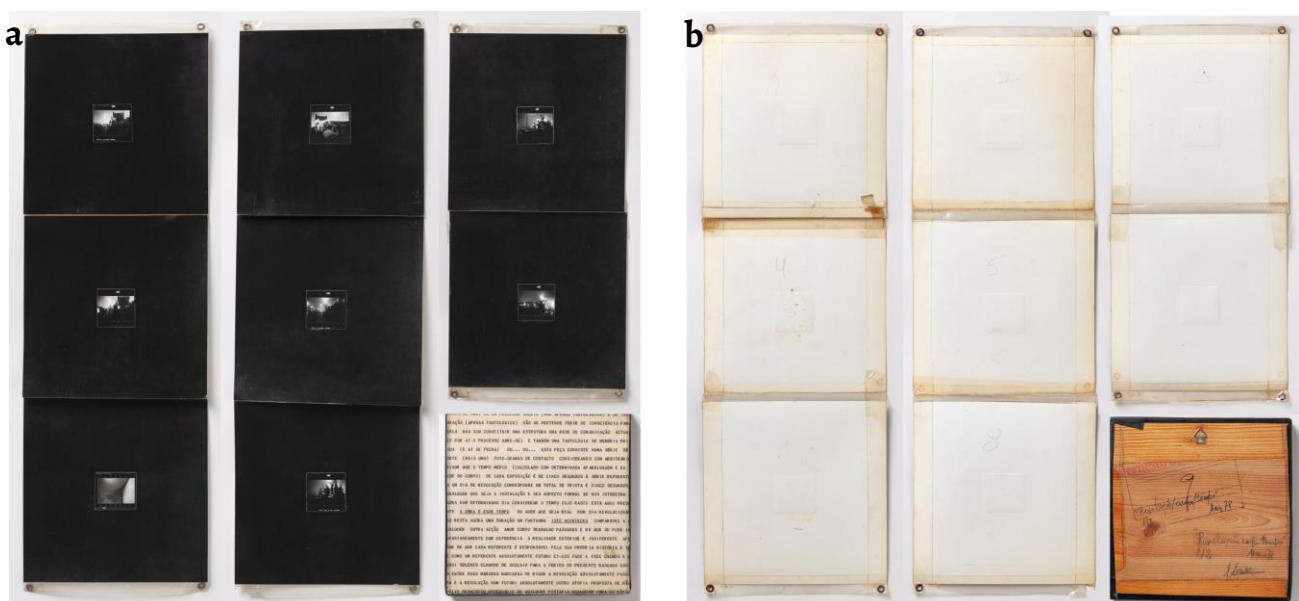


Figure 1. Ernesto de Sousa, *Revolução, Corpo, Tempo*, 1978: a) front and b) back, before the conservation and restoration work (photo: J. P. Ruas, ADF – DGPC).

When acquired by MNAC, the artwork was already in poor condition, especially evident in the overall distortion of the laminated prints, the deteriorated adhesive tapes, and the loss of two metal eyelets. Therefore, the artwork could not be exhibited, being kept in storage since then. In 2021, in preparation for the upcoming exhibition *Ernesto de Sousa, Exercícios de Comunicação Poética com Outros Operadores Estéticos*, organised by Empresa de Gestão de Equipamento e Animação Cultural (EGEAC), marking the artist's birth centenary, the artwork was requested to MNAC. This exhibition and the partnership between MNAC and the Department of Conservation and Restoration (DCR) from NOVA School of Science and Technology launched the opportunity to start a conservation study for *Revolução, Corpo, Tempo*.

Even though Ernesto is one of the most important Portuguese artists in the twentieth century [1-3], with a tremendous amount of works in renowned national collections (such as Museu Berardo, MNAC and Fundação Calouste Gulbenkian), there is a limited number of objective publications concerning Ernesto's working methods, materials selection, and display options. Several of his artworks were already subject to conservation interventions or have suffered mounting display changes, yet publications concerning such decisions are non-existent.

This paper draws special attention to the decision-making involved in the conservation and restoration work of this artwork, focusing on characterisation and production of documentation for such decisions. It also contributes to raising awareness for the demands posed by this type of artworks and highlights the urgency of studying and sharing strategies for the conservation of mixed-media photo artworks.

Materials and methods

Informal interviews

Conversations with Emília Tavares were carried out because of her role as curator of MNAC and proponent of the current conservation and restoration work to DCR, as well as her familiarity with Ernesto de Sousa's work [1-2]. Isabel Alves, widow of Ernesto, was interviewed for her in-depth knowledge of Ernesto's working process. Both testimonies were fundamental to collect information about the artwork's biography and its evolution over time.

Photographic documentation

Photo-documentation of the artwork was performed with a DSLR NIKON D500 camera. A workflow was designed to minimise handling and to prevent unnecessary exposure to light. For that, a consistent setup was established, including sequencing the shots, to minimise the changing of accessories and equipment from one technique to another and perform an effective image capture protocol. The standardised setup and workflow were based on recommendations given by Warda [4] and Chen and Smith [4]. The lighting setup included different light sources and angles to capture technical aspects and features of the artwork as well as damages. Tungsten lamps were used for visible/normal and visible/raking illumination and a Philips TLD 36W/08 for UV illumination. A more detail description of the setup can be found elsewhere [4-5].

Additional images were taken with a Dino-Lite digital microscope, AM7915MZTL model, for higher detail and magnification of damages. The microscope was mounted on a stand to help with focus and microscope positioning. Optical fibres were used for incident and raking illumination, in addition to the microscope's lighting system.

All images were saved as TIFF formats without any other adjustments. With the TIFF files, JPEG files were generated and altered in *Adobe Photoshop* software (CS6). The image alteration consisted of crop and contrast adjustment made on the "Levels" option by adjusting to the curve.

Sampling

Samples were collected from the artwork with a Ted Pella micro tool and a scalpel. The complete set of samples was stored between two glass slides with concave indentations, used as sample holders. This set included samples from the lamination film, the adhesive tape found on the edges of all prints (main adhesive tape), small pieces of adhesive tapes looking like patches, and adhesive residues. In addition, another artwork by Ernesto de Sousa was also analysed due to its identical characteristics to the case study (an assemblage of photographs with adhesive tapes and the presence of a lamination film). The artwork is entitled *Pretexto II* (1982) and can be found in [6]. *Pretexto II* is an installation composed of a ready-made, some texts by Virginia Woolf and Sigmund Freud (4 silver gelatin prints, 50 × 40 cm) and a strip of laminated prints (26 elements, colour, 236.5 × 13 cm). For this research, the strip of prints was analysed due to the similarities with the artwork *Revolução, Corpo, Tempo* (1978).

Infrared spectroscopy

Samples collected from the artworks *Revolução, Corpo, Tempo* and *Pretexto II* were analysed by infrared spectroscopy in attenuated total reflection (ATR-FTIR) with the Handheld Agilent 4300 spectrophotometer, equipped with a ZnSe beam splitter, a Michelson interferometer, and a thermoelectrically cooled DTGS detector. Spectra were acquired with a diamond ATR module, 128 scans and 4 cm⁻¹ resolution, between 4000 and 650 cm⁻¹. Background spectra were collected between every acquisition.

X-ray fluorescence spectroscopy

Micro-scale energy-dispersive X-ray fluorescence (μ -EDXRF) analysis were conducted using an Artax spectrometer from Bruker, with molybdenum X-ray source, focusing polycapillary lens and electro-thermally cooled xFlash (Si drift) detector, with 170 eV resolution (Mn K α). The accurate positioning system and polycapillary optics enable a small area of primary radiation ($\varnothing \sim 70 \mu\text{m}$) at the sample. The spectrometer was operated at 40 kV, 0.6 mA, at low vacuum. Elemental composition of two areas per sample and at least three different measurements were carried out.

Results

Artwork description and biography

The description of this artwork is complex due to the diversity of elements, formats, assemblages, and sequential distribution of elements in the artwork (Figure 1).

The elements designated as “prints” are an assemblage of a contact print overlaid on the centre of a silver gelatin print with maximum density (D_{max}) acting as a frame, which are laminated together (Figure 1 and Figure 2). The prints with D_{max} have the backprinting “Agfa”, stamped on with a grey ink, indicating the paper manufacturer. According to Thompson et al. and Abbaspour et al. [7-8], this brand was in use during the 1950s and early 1960s in North American countries, Canada and the United States of America. However, to our knowledge, there are no studies focusing on the use of photographic papers by Portuguese artists. Regarding the contact prints, no information was found regarding provenance, because the reverse of those prints is covered with the D_{max} “Agfa” prints. Most subjects in the contact prints are documental scenes of street protests and a nude of a woman.

The total set of eight prints is laminated and the sequence of prints is assembled with a main pressure sensitive tape (PST), framing each one of the prints (Figure 1 and Figure 2). The prints are sequentially numbered, inscribed with black ink on the back (although barely visible), indicating their order (Figure 2). On the top and bottom prints from each strip, the artist placed metal eyelets to fix the artwork onto a wall while on display (Figure 1 and Figure 2).

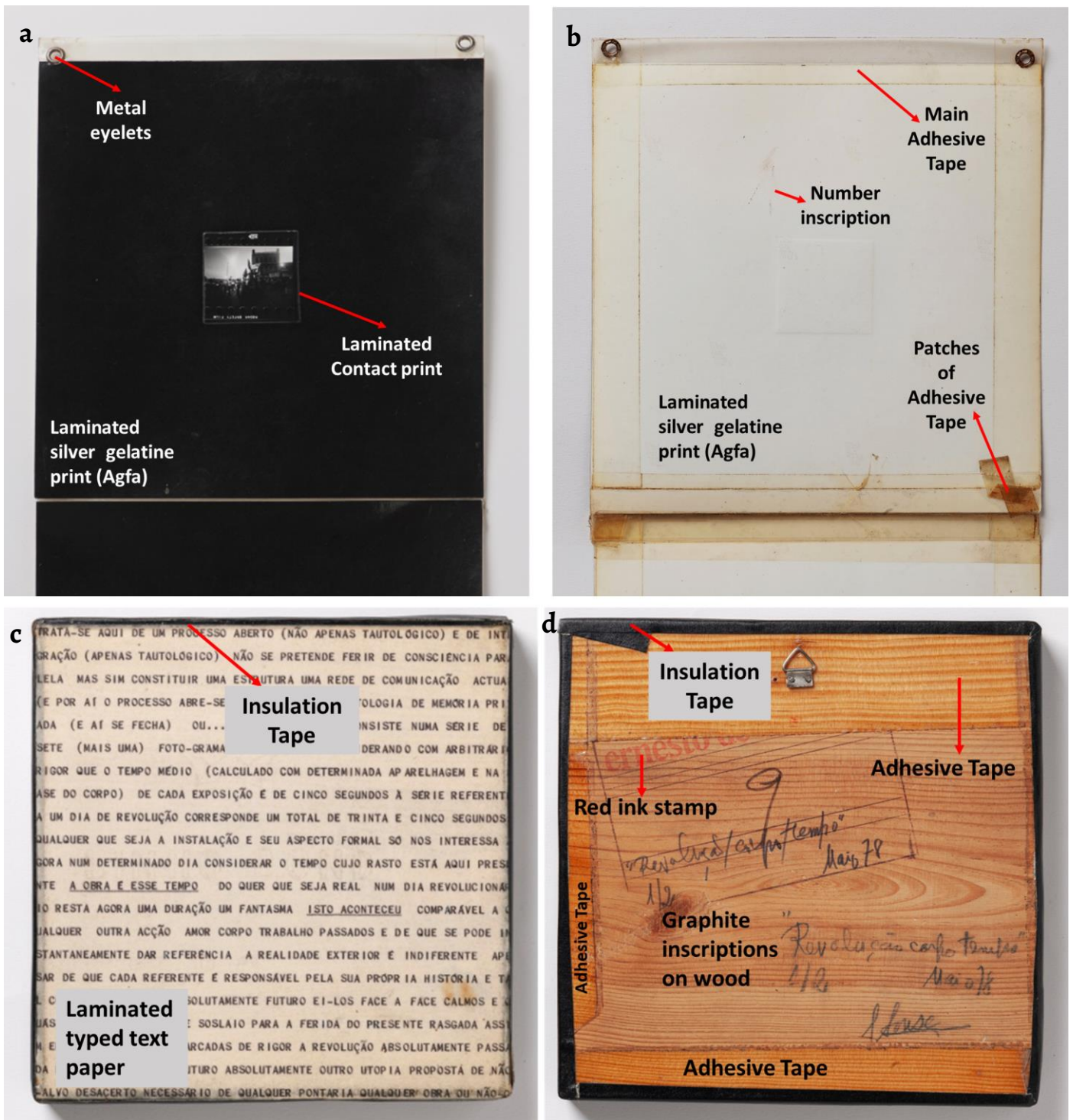


Figure 2. Detail of the strip 1: *a*) front and *b*) back; and of the wooden block: *c*) front and *d*) back. The arrows indicate the place and designation of the different artwork elements.

The wood element is composed of a woodblock covered in the front by a laminated typed text paper, and partially covered in the back by a PST with a large width (Figure 2). A watermark on the paper is partially discernible, however, it was not possible to confirm the inscription or shapes present. The woodblock may be pine wood by visual assessment and comparison with a sample set in Ruffinatto and Crivellaro [9]. Additionally, a black PST (insulation type) was used as a side finish (Figure 1 and Figure 2). On the back, black ink and graphite inscriptions were used to register the artwork's name, production date and artist signature (Figure 1 and Figure 2). The name of the artist is partially stamped with red ink (Figure 2). The partial absence of the stamp might indicate that the PST could have been partially removed in the past, nevertheless,

no clear justification was found. Additionally, there was no explanation for the presence of the inscription “½”, also found on the back of the wooden element (Figure 2d). This issue was discussed with MNAC and Emília Tavares suggested that the inscription might indicate the material typology present in the work (laminated prints and wooden element), rather than the possibility of this artwork being a part of a series of two artworks with the same title and year, which was commonly done by Ernesto and other artists from this period. Each element of the artwork measures 18 × 18 cm, making a total dimension of 54 × 54 cm.

The artwork was produced in 1978 and displayed at the exhibition *18 × 18 – Nova Fotografia*, commissioned by Ernesto de Sousa at Grafil – Galeria de Arte Cooperativa, in Lisbon, and then at Centro de Arte Contemporânea from Museu Soares dos Reis, in Oporto [3]. For those exhibitions, the images were limited to the 18 × 18 cm format, and only one single work per artist was allowed, as requested by Ernesto.

According to Isabel Alves, *Revolução, Corpo, Tempo* has not been displayed after 1978 and remained forgotten in a non-identified storage of a Portuguese museum until it was given back to her. As she described, the artwork came inside a packaging which she did not open to avoid any damage. Based on her testimony, the artwork remained in those conditions up to its donation to MNAC in 2012.

From 2012 up to the EGEAC exhibition, the artwork remained in MNAC storage.

Materials identification and discussion on conservation impact

When examining the artwork with UV radiation a bluish fluorescence was observed on the contact prints and back of the Agfa prints (Figure 3a), indicating the presence of optical brightening agents (OBA) [10-11]. According to Messier et al. [10], a decline in the use of OBA occurred between 1965 and 1979, nevertheless, some manufacturers continued using these agents to improve the photographic paper quality, which may explain their presence in an artwork from the late 1970s. The presence of OBA was also confirmed in the typed text paper on the wooden element (Figure 3b).

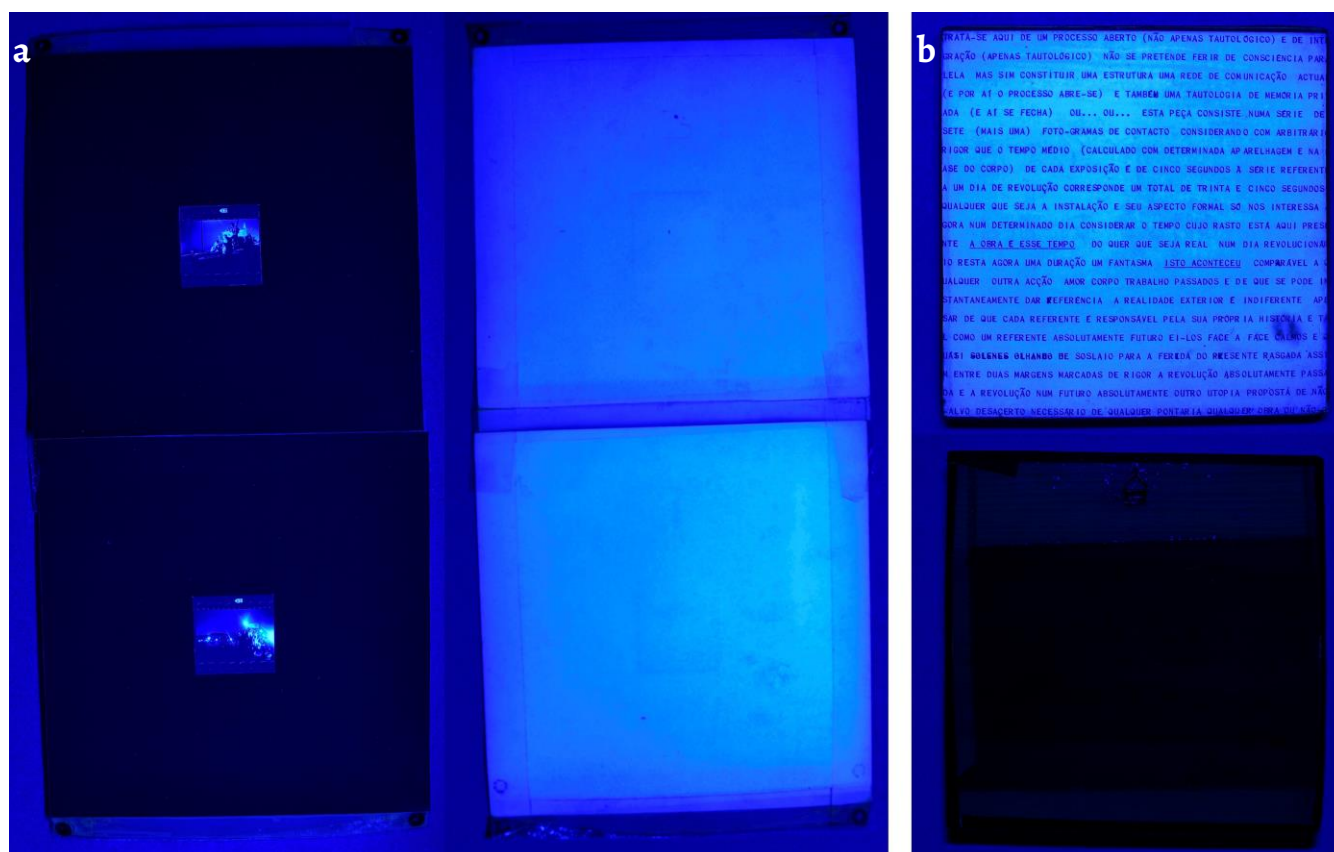


Figure 3. Views of the artwork under UV radiation: a) front and back of strip 3; b) front and back of the wooden block.

It is important to mention that even though the black area (Dmax) does not fluoresce, OBAs can still be present. But, solely based on the presence of those brightening agents, it is not possible to conclude that the two papers in the artwork are from Agfa. The UV examination also points out for the susceptibility of at least these two papers to light, high relative humidity and aqueous treatments (e.g. optical brighteners loss, bleaching, yellowing of the paper substrate) [11], indicating the need of specific guidelines for future display, storage and conservation.

Visually, there was already an idea that *Revolução, Corpo, Tempo* was possibly made of different materials because as example, the PSTs found on the artwork were showing different characteristics and damages. ATR-FTIR confirmed this assumption and clarified the chemical composition of PSTs and other materials in the artwork (Figure 4 and Figure 5) - assignment in Table 1 [12-17]. As mentioned above, another artwork was also analysed (*Pretexto II*). While both artworks showed a lamination film made of polyethylene (PE) and polyester (PET) detected by ATR-FTIR – which may indicate the artist's preference for this mounting, regarding the PSTs (similar tone, opacity, and dimension, 19 mm width), a different composition was found (Table 2): In *Revolução, Corpo, Tempo*, the main PST is made of a cellulose acetate (CA) carrier and polyacrylate-based adhesive, whereas in *Pretexto II* the spectra indicate a PST made of a polyacrylate-based carrier and adhesive.

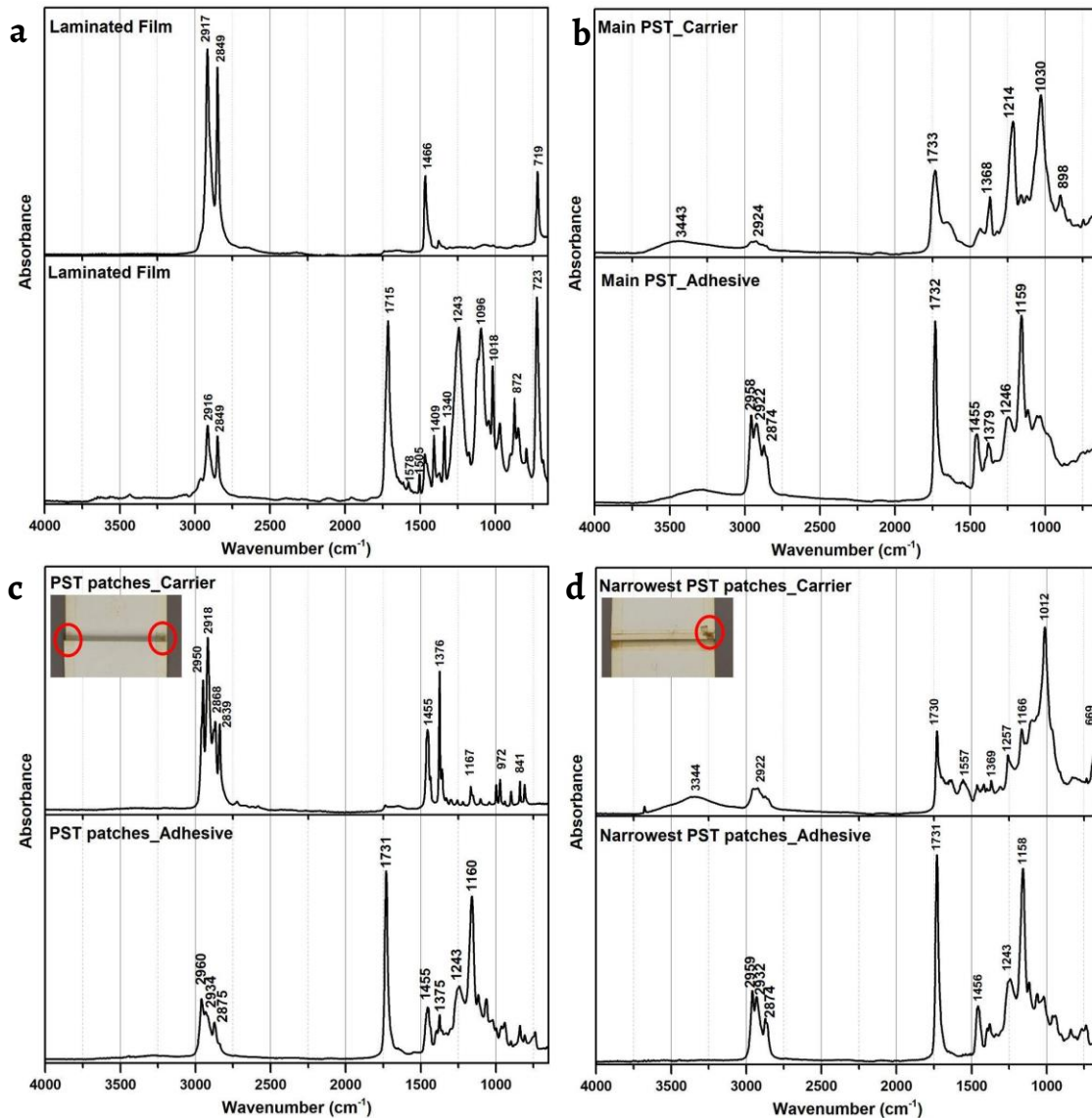


Figure 4. ATR-FTIR spectra of materials collected from *Revolução, Corpo, Tempo*: a) laminated film, two sides; b) main adhesive tape framing the contact prints; c) and d) patches of adhesive tapes. Carrier and adhesive layers have been analysed and included in this Figure.

Table 1. Assignment of the main absorbance bands in the ATR-FTIR spectra of materials from *Revolução, Corpo, Tempo* by Ernesto de Sousa (MNAC) and of the Scotch Magic Tape by 3M. For the assignment of the bands, previous studies were accessed [12-17].

Lamination Film		Main Adhesive Tape		
One side (PE)	One side (PET)	Carrier (CA)	Adhesive (acrylic-based)	Assignment
Band (cm ⁻¹)		3443		$\nu(\text{O-H})$
2917	2916	2924	2958 2922	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ $\nu_{\text{as}}(\text{C-H}_2)$
2849	2849		2874	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_3)$
1466	1715	1733	1732	$\nu(\text{C=O})$
			1455	$\delta_{\text{as}}(\text{C-H}_2)$ $\delta_{\text{as}}(\text{O-CH}_3)$
	1243	1368	1379	$\delta(\text{C-H}_2)$
		1214		$\nu(\text{C-C(O)-O})$ $\nu(\text{C-O})$
	1096		1159	$\nu_{\text{s}}(\text{C-O})$
	1018	1030		$\nu(\text{O-C})$ $\delta(\text{C-H}), \delta(\text{C-O})$
	872	898		$\delta(\text{C-H})$
719	723			$\delta(\text{C-H}), \delta(\text{C-H(-C-H}_2))$
Patches of PST (19 mm width)		Patches of PST (11 mm width)		
Carrier (PP)	Adhesive (acrylic-based)	Carrier (acrylic/polysaccharide-based)	Adhesive (acrylic-based)	Assignment
Band (cm ⁻¹)		3344		$\nu(\text{O-H})$
2950	2960		2959	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$
2918	2934	2922	2932	$\nu_{\text{as}}(\text{C-H}_2)$
2875	2875		2874	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_3)$
2839				$\nu_{\text{s}}(\text{C-H}_2)$
	1731	1730	1731	$\nu(\text{C=O})$ $\delta_{\text{as}}(\text{C-H}_2)$
1455	1455		1456	$\delta_{\text{as}}(\text{C-H}_2), \delta_{\text{as}}(\text{O-CH}_3)$
1376	1375			$\delta(\text{C-H}_2)$
1167	1160	1166	1158	$\nu_{\text{s}}(\text{C-O})$
		1012		$\nu_{\text{s}}(\text{C-O})$
972				$\delta(\text{C-H}_3), \nu_{\text{s}}(\text{C-C})$
841				$\delta(\text{C-O})$
719	723			$\delta(\text{C-H(-C-H}_2))$
Adhesive Residues on the Centre of Strip 1 (polyisoprene)		Scotch Magic Tape by 3M		
Band (cm ⁻¹)		Carrier (CA)	Adhesive (acrylic-based)	Assignment
		3443		$\nu(\text{O-H})$
2961			2958	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$
2918		2924	2922	$\nu_{\text{as}}(\text{C-H}_2)$
2853			2874	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_3)$
1663				$\nu_{\text{s}}(\text{C=C})$
		1733	1732	$\nu(\text{C=O})$
1447			1455	$\delta_{\text{as}}(\text{C-H}_2), \delta_{\text{as}}(\text{O-CH}_3)$
1376		1368	1379	$\delta(\text{C-H}_2)$
		1214		$\nu(\text{C-O})$
			1159	$\nu_{\text{s}}(\text{C-O})$
		1030		$\delta(\text{C-O})$
838		898		$\delta(\text{C-H})$
743				$\delta(\text{C-H}_2)$

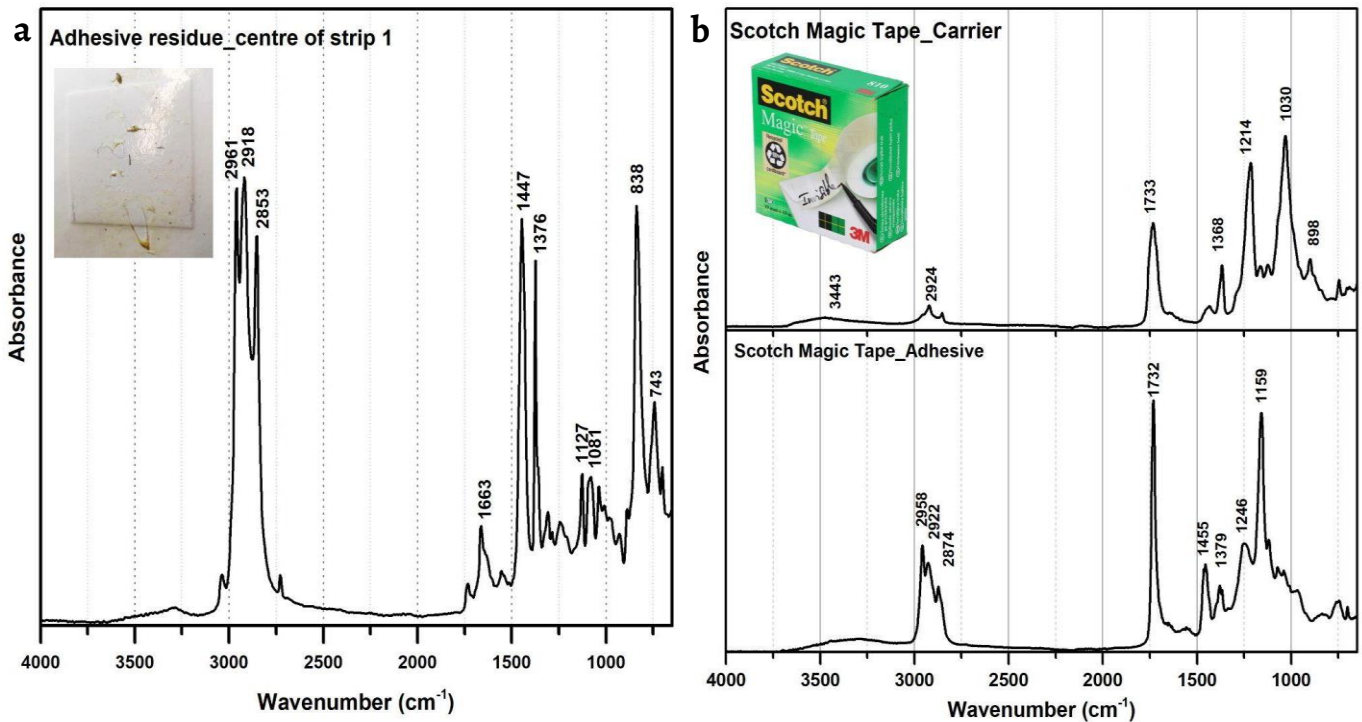


Figure 5. ATR-FTIR spectra of: a) the adhesive residue found on strip 1 of *Revolução, Corpo, Tempo*; b) the Scotch Magic Tape selected for repairs. Carrier and adhesive layers of the Scotch Magic Tape have been analysed and included in this Figure.

Table 2. Pressure sensitive tapes (PSTs) in the artworks analysed, including their location, function, visual characteristics, condition, chemical composition (based on ATR-FTIR) and list of figures.

Artwork	PST / Location / Function	Visual characteristics	Condition	Chemical Composition	Figures
<i>Revolução, Corpo, Tempo</i>	Main PST framing and assembling the laminated prints, on the back	Transparency Dimensions (19 mm width) Shiny	Still transparent Discoloration (slight yellowing)	Cellulose acetate carrier and polyacrylate-based adhesive	1, 2
<i>Revolução, Corpo, Tempo</i> and <i>Pretexto II</i>	PST small patches on the back of the laminated prints / Mending option	Transparent Dimensions (19 mm width) More shiny	Still transparent Discoloration (slight yellowing) Peeled Loss of adhesion	Polypropylene carrier and polyacrylate-based adhesive	1, 2, 6
<i>Revolução, Corpo, Tempo</i>	PST small patches on the back of the laminated prints / Mending option	Transparent Dimensions (thinner width: 11 mm) More shiny	Slight darkening Discoloration (brownish hue) Detached / loss of adhesion	Polyacrylate-based adhesive and carrier	1, 2, 6
<i>Revolução, Corpo, Tempo</i>	Insulation PST on the wooden element, as a side finishing	Black tone Opaque Medium width	Carrier retraction Detached / loss of adhesion	Not analysed	1, 2

Additionally, other PSTs in *Revolução, Corpo, Tempo* (small pieces with a patch appearance) were identified as: polypropylene (PP) carrier and polyacrylate-based adhesive (in the more shiny and transparent patches); and polyacrylate-based adhesive and probably, a polyacrylate/cellulosic-based carrier (in the narrowest and brownish tape, 11 mm width).

All these PSTs belong to the large family of film tapes, which are commercially available since the 1950s (starting with tape carriers in cellulose acetate and evolving to PP films and polyacrylate-based adhesive) [16, 18-20]. According to Satas [19] despite having less tack and adhesion than other rubber like PST, these film tapes were recognized for their resistance to oxidation and discoloration.

From the visual observation and analytical results, it might be suggested that the artist had specific demands for PST properties, such as dimension, tone, and level of opacity/gloss, as he

continued to use these types of PST at least from 1978 to 1982. For this reason, this aspect should be considered for restoration purposes, especially when replacements are needed.

The elemental composition of the metal eyelets was also identified with μ -EDXRF analyses, allowing the detection of iron (Fe) and nickel (Ni), indicating a nickel coated steel alloy and refuting the possible presence of chromium.

The artwork condition

The laminated prints showed distortions (especially on the edges) (Figure 6a), probably due to the inherent properties of the materials, but mostly due to the size of the storage system that was used for more than 30 years: folded and wrapped strips in tissue paper inside a grey-white conservation cardboard box with dimensions close to 18 × 18 cm (Figure 7). This folded option may have caused the formation of creases and tears that are observed on the edges and folding areas between prints (Figure 6b-c). According to MNAC, the artwork was kept in this way at least since 2012, and from the interview with Isabel Alves, this packaging system could have been in place as early as 1978, which may have compounded the damages.



Figure 6. Details of some damages found on the artwork: a) distortion; b) tears; c) material losses; d) grime and bristle embedded on glue residues resulting from self-adhesive tape carrier shrinkage; and e) adhesive residues on the back and centre of the laminated prints.

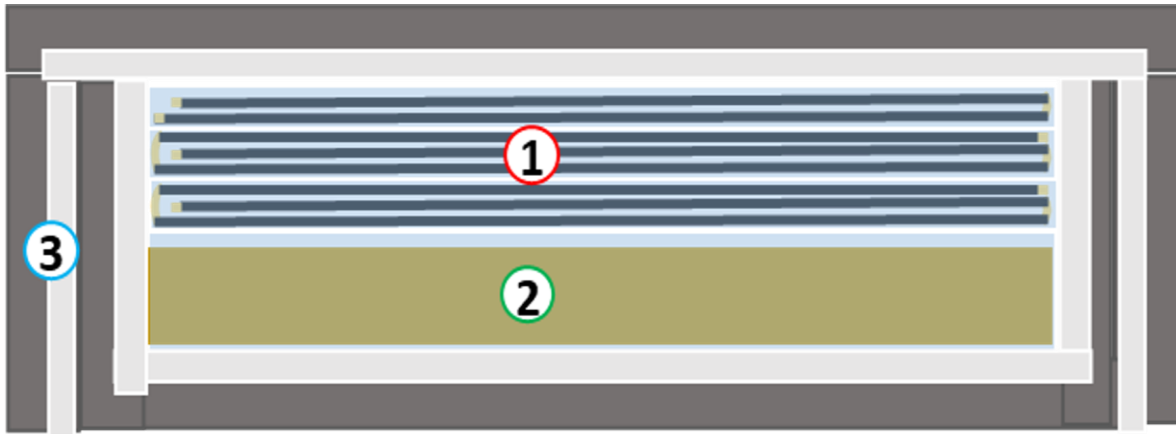


Figure 7. Diagram of the previous enclosure system: folded and wrapped strips in tissue paper (1), superimposed above the wood block (2) and inside a grey-white conservation box with dimensions close to 18 × 18 cm (3).

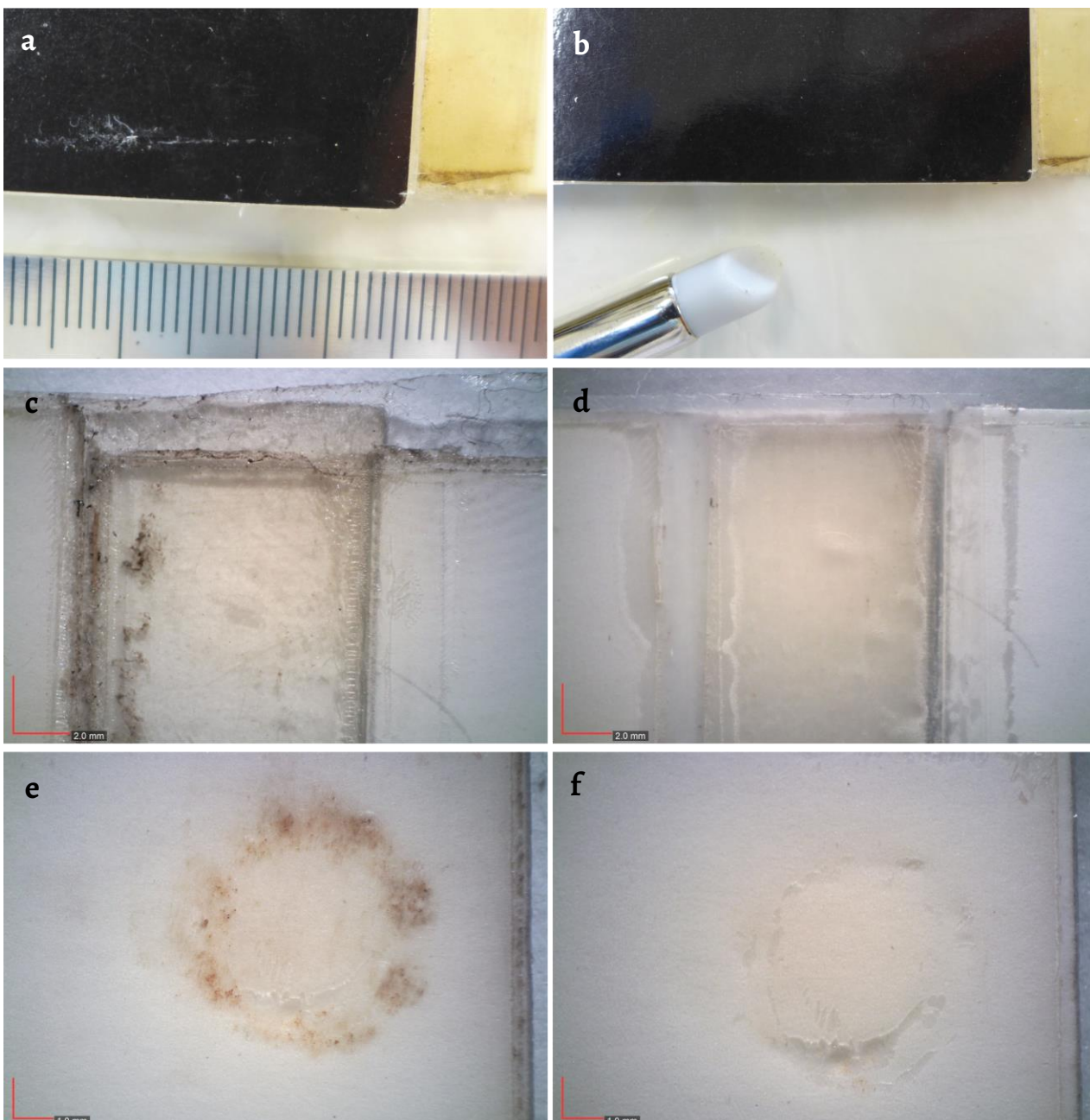


Figure 8. Examples of cleaning interventions on the artwork: *a)* dirt deposits in the front of the laminated prints *b)* after cleaning; *c)* dirt deposits in adhesive tapes in the back *d)* after cleaning; *e)* metal eyelets corrosion transfer to adhesive tapes *f)* after cleaning.

From the storage option and/or past use, other damages such as optical changes (specifically of gloss) occurred on the surface of the lamination film. Extensive areas with grime and fibres embedded on adhesive residues were also found (Figure 6 and Figure 8), which probably resulted from the shrinkage of the PSTs carriers. These residues had a yellow-brownish hue due to grime and oxidation of the adhesive. The damages, especially on the front, caused a detrimental impact on the perception of the artwork. In some cases, where the PSTs carriers were detached, a transfer of the adhesive to other areas of the artwork was observed. Additionally, another type of adhesive residue (more opaque and thicker) was found on the back of one of the prints, and identified as polyisoprene (Figure 6, Figure 8, and Table 1).

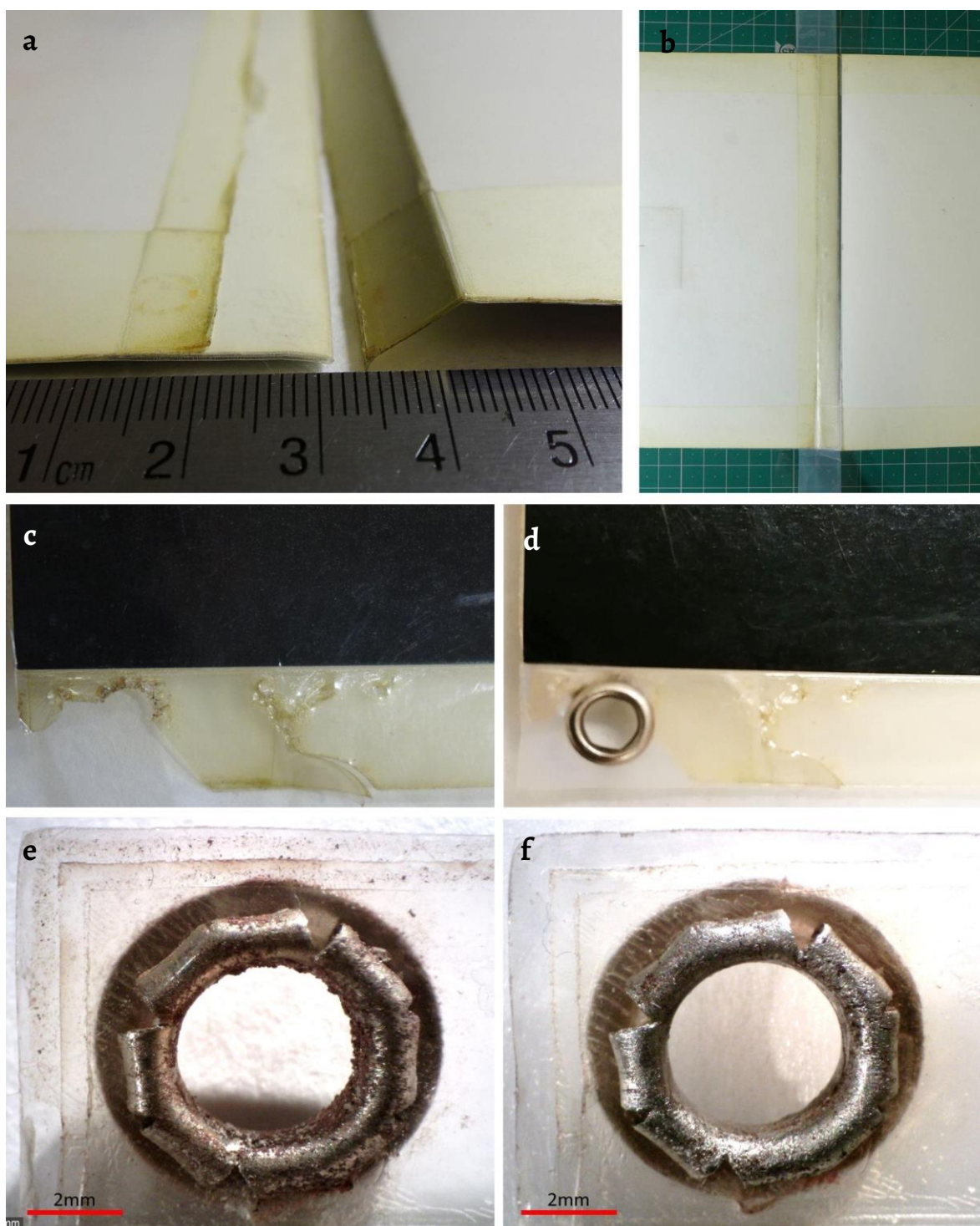


Figure 9. Examples of structural, infillings and cleaning interventions: *a*) and *b*) tear repaired with the addition of adhesive tape; *c*) missing eyelet *d*) after infilling and addition of new metal eyelet; *e*) corroded metal eyelet *f*) after cleaning and stabilisation.

Regarding the metal eyelets, and possibly due to their composition and past storage conditions, the nickel coating presented discontinuities all over, either from fissures or gaps in the coating. Material losses were probably caused by iron corrosion products from the bulk of the eyelet. The yellowish, reddish, and brownish colour of these corrosion products are consistent with iron oxides and hydroxides, that were found both on the coating surface and the bulk of the eyelet (Figure 1, Figure 2 and Figure 9). The corrosion products in contact with the lamination film resulted in increased fragility of the film probably due to the formation of small tears around the eyelet. Moreover, one metal eyelet was already missing, and another was detached and disfigured. These damages were particularly alarming, since the display of the artwork relies on the physical resistance and stability of the mount. Due to incorrect storage, the corrosion products also caused deformations and orange stains on the surface of the laminated prints (Figure 6).

Concerning the typed text paper on the wooden element, overall discolouration was observed, as well as a brown stain in the lower right quadrant and darkening in the edges. These damages may have resulted from the release of volatile organic compounds (VOC) from wood, along with a certain level of moisture retention due to the hygroscopic nature of wood. Concerning the UV examination, the heterogeneity of the bluish hue may have resulted from OBA migration and/or paper decay [10-11]. Additionally, on the back of the wood, shrinkage of PSTs' carriers was observed, leaving adhesive residues to which dust, fibres and dirt adhered (Figure 2). The black insulation tape was detached in some areas and a deep scratch on one of the sides was observed, leaving a white sublayer visible.

Based on what is described, and according to the European project POPART's four levels of condition chart [21], this artwork was considered to be in poor condition. This evaluation was alarming considering the current main aim which was to display the artwork according to what was identified as the artist's original intention [1-3]. These issues demanded an urgent discussion about the future conservation and display of the artwork.

Discussions on decision making – restoring, removing, or replacing? Confronting documentation and expectations

The loan request for display of *Revolução, Corpo, Tempo* unfolded several issues initially related with the mounting and current condition of this artwork. In order to evaluate the possibility of displaying and to establish a conservation strategy suitable for this case, a decision-making model for contemporary art was taken into consideration [22]. The selection of this model was based on its suitability for the work and because it gives the basis for the evaluation of tangible and intangible aspects. As recommended in the model, beside research on the artwork biography, material aspects and condition, the perspectives of other agents should be considered – in this case, MNAC curator and Isabel Alves (family and expertise).

For MNAC, it was necessary to intervene in the artwork without detracting from the fundamental character of its assemblage. It was mandatory to preserve the sequential order, mounting scheme, and formal character of the display with the PSTs. As pointed out by the museum, not only is this assemblage an important feature of *Revolução, Corpo, Tempo*, but it is also highly characteristic of Portuguese photo artworks from the 1970s [1-2]. Therefore, the precarious nature of the assemblage should be considered an important conceptual part of the work. However, as the museum curator also expressed, if the condition and display of the artwork is at risk due to materials physical and chemical failure, the requirements previously pointed out should be re-evaluated in order to maintain the balance between the conceptual and the material nature of *Revolução, Corpo, Tempo*.

Isabel Alves also pointed out considerations regarding the display and condition of the artwork. Her conservation concerns were particularly related to the distortions of the prints. According to her testimony, this has been happening to other artworks of the artist, being commonly solved by adding PSTs on the back for display purposes. This testimony may justify the presence of extra adhesive tapes and small patches of tapes on the artwork. Alves also

shared a set of instructions that were registered for a particular artwork (non-identified) with a similar assemblage. According to her, those instructions might be used as guidelines for the display of this type of artworks: “[the] photographs should be slightly stretched to avoid any distortions, use transparent adhesive tape to correct any detachments”. However, she also mentioned that one specific instruction found in that guideline should not be followed, because “the artist himself had never done it. (...) two thin boards (rulers) must be placed at the top and bottom, well fixed to the wall; it is on these boards that the series of photographs are fixed using the perforations already made”.

As not all instructions should be followed, and Isabel Alves did not mention when these instructions were left or by whom, these indications can also lead to wrong decisions if not well assessed. Thus, this oral testimony highlights two important details: i) some artworks by Ernesto might have been suffering changes in their assemblage and display mounting over the years (probably due to the decay/change); and ii) information supporting conservation and display procedures are still not well defined, even when written. It is also important to acknowledge that Alves’ remarks on the display and condition of this particular artwork highlight Ernesto’s demand for the flat appearance of his works during the exhibition – being a strong argument to correct the deformations of the work.

After collecting and documenting the expectations of the stakeholders on the conservation and display of this artwork and assessing the data, the conservation team designed a preservation strategy that crossed and balanced all the intentions, information and needs.

One example is related to the small patches of PST on the back of the artwork - deteriorated, with misaligned placement and sometimes detached (Figure 1, Figure 2 and Figure 6). These PST led to several discussions, especially due to the lack of written sources or guidelines describing the material selection by the artist. To finally define a restoration proposal to MNAC, the careful observation and material analysis of *Revolução, Corpo, Tempo* and *Pretexto II* were vital, along with I. Alves’ testimony. Based on this data, it was possible to consider that the PST patches might have been placed by others (rather than Ernesto) to enable the artwork display. This hypothesis was launched because the patches were inadequately placed, mending tears, and showed a different (and more recent) chemical composition. Thus, it was assumed that they might have been applied to keep the artwork flat or as a temporary “conservation” solution. As their function and condition were highly compromised, their removal was proposed to MNAC, and after debating the pros and cons, the removal was accepted (see the following section).

With their removal, the prints in strips 1 and 3 were completely separated because the original PSTs assembling the prints were entirely torn (due to incorrect storage), requiring a solution for their reassembly (Figure 6). This led to discussions on how to proceed: Should the torn PST be removed and replaced with a new one? Or should the torn PST be left, and a new tape be placed above it? As both scenarios demanded a new PST, the data collected from IR spectroscopy resulted in the proposal of using the invisible Scotch Magic tape from 3M. Then, based on conversations with MNAC and other conservators, at that moment dealing with the conservation of other artworks by Ernesto de Sousa, it was decided to keep the torn PST due to its superimposed position over other PSTs in the back of the work, i.e., its removal would imply the removal of other layers of PST that were in good condition and perfectly adhered to the prints. It was also concluded that this overlap of PSTs is highly characteristic of Ernesto de Sousa’s creative process. For that reason, the removal of this artistic and technical characteristic was not performed. The torn tape was kept, and an additional tape was put on top of it (with similar composition). This promoted the maintenance of the original mounting stability.

Another issue, raising several discussions, was related to the metal eyelets: one was already missing when the artwork was first observed (Figure 6) and another got detached due to the high fragility of the artwork’s corners. From this situation, several questions arose: Would it be possible to reattach the detached eyelet? How to infill the missing area in the PST? Which eyelet

could be used to replace the missing one? This was a pressing issue because the display of the artwork is structurally dependent on the eyelets and PST resistance and stability. After debating pros and cons, the reuse of the loose eyelet was discarded, as its shape was already disfigured, preventing its reapplication/refixation. Thus, two eyelets needed to be acquired and added to the artwork. To find the best option, several materials suppliers were visited in an attempt to find a similar eyelet in shape, dimension and composition. Unfortunately, constraints on the market and the time available to conduct the restoration work did not allow finding completely identical eyelets. Instead, eyelets made of the same type of metal alloys and colour, but differing in thickness were bought. Finding identical eyelets was an ambitious task given the evolution and changes of the production of these materials during the last thirty years. Another pressing issue was related to how to put the new eyelets onto the artwork, as no corrections would be possible after their placement. Strategies to deal with these concerns are explained in the following section.

The intervention plan was thus established considering all the critical issues presented here and a round of tests (chemical and mechanical) on materials similar to the originals in the artwork.

The conservation and restoration work

The working station was carefully thought out as the artwork was extremely prone to abrasion. Efforts were made to avoid any damage, having been chosen to use smooth and inert materials (polyester tissues as Bondina) for both working station and artwork protection. Whenever these materials showed minimal alterations, they were replaced.

Then, it was urgent to remove dirt and adhesive residues from the artwork (Figure 8 and Figure 9). The cleaning actions had to be well thought out and contemplate particular aspects such as, how to remove dirt and other residues without affecting the artwork's gloss? And what solvent to use? How to dose the amount of solvent?

Given the sensitivity of the artwork materials to abrasion and chemical cleaning, preliminary tests were conducted on selected PSTs, PET sheets, and metal eyelets with features similar to the artwork. Additionally, cleaning assays were also performed on the detached and original eyelet. The materials used for testing and testing results are presented in Table 3.

For general dry-cleaning purposes, a soft brush, cotton swabs, makeup sponges and microfibre cloths were tested given their smoothness and efficiency recognition in [24]. Additionally, for mechanical/dry cleaning of small areas with adhesive residues, rubber silicone colour shapers (RSS) and a vinyl Mars Plastic eraser from Staedtler (small tip) were tested. The use of crepe rubber (commonly used for this purposes) was discarded due to its hardness and risk of damaging the artwork's surface by causing scratches and abrasion. Regarding aqueous and chemical cleaning of adhesive residues, water would not effectively remove polyacrylic-based adhesives and aromatic and aliphatic solvents would be effective, but could also damage the surface of the PET lamination film. Thus, to avoid risks of staining or dissolving the PET film, it was decided to test saliva followed by cleaning with distilled water (solely), ethanol (96 % from Aldrich), and mixtures of water and ethanol (50:50 and 70:30). Ethanol was selected due to its high volatility rate. The tests were conducted on PET sheets (5 × 5 cm) on which a PST was applied on half of the PET film and later removed in order to leave residues on which testing could be carried out, always taking into account that the original PSTs (aged) could behave differently due to ageing. For testing, moderated pressure was used in all the applications of dry materials and solvents. The results are presented in Table 3.

The tests allowed to define and implement a conservation methodology that at the end combined mechanical (dry), aqueous and chemical cleaning, following approaches already used in modern materials [23-26], photograph [27-29] and metal conservation [30-33].

Table 3. Cleaning tests on testing materials before decision making on the artwork.

Materials in the artwork		Testing materials (mockups)	Dry cleaning tests						Chemical cleaning tests			
			Brush	Cotton swab	Makeup sponge	Microfibras cloth	Rubber silicone colour shapers (RSS)	Vinyl eraser Staedler Mars Plastic (small tip)	Cotton swab and saliva	Cotton swab, ethanol (96%)	Cotton swab, ethanol and water (50:50 V/V)	Cotton swab, ethanol and water (70:30 V/V)
Lamination film	PE and PET film	PET sheet film	Scratches	Scratches	Scratches	Scratches	Scratches	Scratches				
PST	CA carrier and polyacrylate-based adhesive	Scotch Magic tape from 3M	Abrasion 0	Abrasion 3	Abrasion 1	Abrasion 2	Abrasion 1	Abrasion 1	No stains No abrasion	Stains	Stains	No stains No abrasion

After carrying out of these tests, it was decided to start the intervention with an overall surface cleaning with soft brushes and a vacuum cleaner. For more persistent dust, cosmetic sponges (made of polyurethane foam) were used. Adhesive residues were removed using a combination of mechanical and chemical cleaning. To avoid the dissolution of the artwork adhesives, the cleaning started with RSS, using different tips according to the need (Figure 8b). Whenever the RSS were ineffective, the vinyl eraser (small tip) in a retractable eraser holder was applied. This procedure was followed by chemical cleaning with saliva to remove more persistent residues. Saliva proved to be a good option as it only took one or two passages to clean up the surface. Afterwards, a combination of water and ethanol (70:30 V/V) was used to remove chelating and enzymatic residues from the saliva. The removal of dirt from the laminated prints was particularly important because PET has a static nature that attracts dirt, making it more susceptible to moisture reactions and to hydrolytic breakdown [24]. The woodblock was also cleaned following these mechanical and chemical options.

Concerning the extra PST found at the top of strip 1, the tape was removed because it showed extensive dirt, oxidation, deformation, and detachment and was no longer serving its purpose. After removal, this PST as well as the other removed patches of PST were stored separately in polyethylene (PE) bags along with an identification and detailed information. All areas where PSTs were removed were documented, mapped and photographed. To reassemble the separated prints, invisible Scotch Magic tape from 3M was chosen due to its similar composition – confirmed by IR spectroscopy – dimension, appearance, and transparency to the artwork’s main adhesive tape, as well as good stability over ageing.

Next, it was urgent to correct the prints deformations and infill missing areas on the artwork (Figure 6). Given the inherent nature of the artwork’s materials, distortions (Figure 6a) would be difficult to correct following the frequently used options for prints and paper, that commonly include humidifying, drying, and flattening. To correct planar distortions and realign creases, ridges, folds and cockling, heat was necessary to be applied on the laminated prints (lamination film made of PE and PET). Considering the melting temperature (T_m) of PE (~110 to 140 °C) [24], localised heat using a heated spatula with a small tip set to 80 °C was applied. The areas to be treated were protected with a silicone-coated (one side) PET film (12 µm), avoiding direct contact of the spatula with the prints. The heat was applied for a few seconds and, afterwards, the areas were left to cool down in contact with Bondina (30 gsm, with a very smooth surface finish), blotter, glass plate and light weight for 15-20 minutes. Whenever needed, the step was repeated.

Following this procedure, other areas showing detachment (such as adhesive tapes at the top and bottom of each strip) were re-attached by activating the adhesive with heat. After finishing flattening and re-attachment actions, the strips were placed under weights, according to the following sequence: first a Bondina tissue (30 gsm) in direct contact with the strip (front and back); secondly, two blotting sheets (front and back), thirdly, a wooden board, and fourthly, soft weights distributed over the entire surface of the board (left for 24 to 48

hours). For infilling of the missing areas (adhesive tape supporting the eyelets) Scotch Magic tape was used. Several tests with this tape were made until a pristine application of the eyelet on the adhesive tapes was achieved. After accomplishing that, the infilling tape and eyelet were applied with minimum overlapping of the new materials over the originals, ensuring the fixing would guarantee the mechanical strength for the exhibition of the work (Figure 9).

The first part of the intervention on the original metallic eyelets consisted in the solubilisation of part of the more friable corrosion products. The eyelets were cleaned with cotton swabs soaked in oxalic acid at a concentration of 5 % (m/V), corresponding to a pH < 1. These values provide more control of the operation, since the preferential dissolution of more unstable corrosion products takes place at a slower rate [31]. Stopping the reaction and removing traces of oxalic acid on the surface was done with cotton swabs soaked in a solution of ethanol [96 % (V/V): water in the proportion of 1:3 (V/V). Afterwards, the remaining, persistent corrosion products were mechanically dry-cleaned with a combination of a bamboo stylus, scalpel, fibreglass brush and the vinyl eraser [32]. This procedure also allowed the recovery of some of the original lustre of the metallic coating. Removal of traces of vinyl residues from the eraser was performed with acetone on cotton swabs [33]. Acetone also acted as a drying agent, allowing the removal of any remaining water from the cleaning operation with the oxalic acid solution. Two protective coating layers were applied with a brush, the first of Paraloid B72 in acetone at 20 % (m/V) and the second of microcrystalline wax (Figure 9f) [33]. All steps were carried out under a binocular magnifying glass and using an acid-free polyester film mask, in order to protect the cellulose acetate carrier from the surface of the adhesive tape.

At the end, each strip was housed in Timecare Heritage Conservation cardboard (white, 2.2 mm) folder, then reinforced with Filmoplast P90 (white) in direct contact with a layer of Bondina (30 gsm) (Figure 10). The woodblock was wrapped in Bondina (30 gsm) and housed in a conservation grade box of high quality (P.A.T. tested materials).

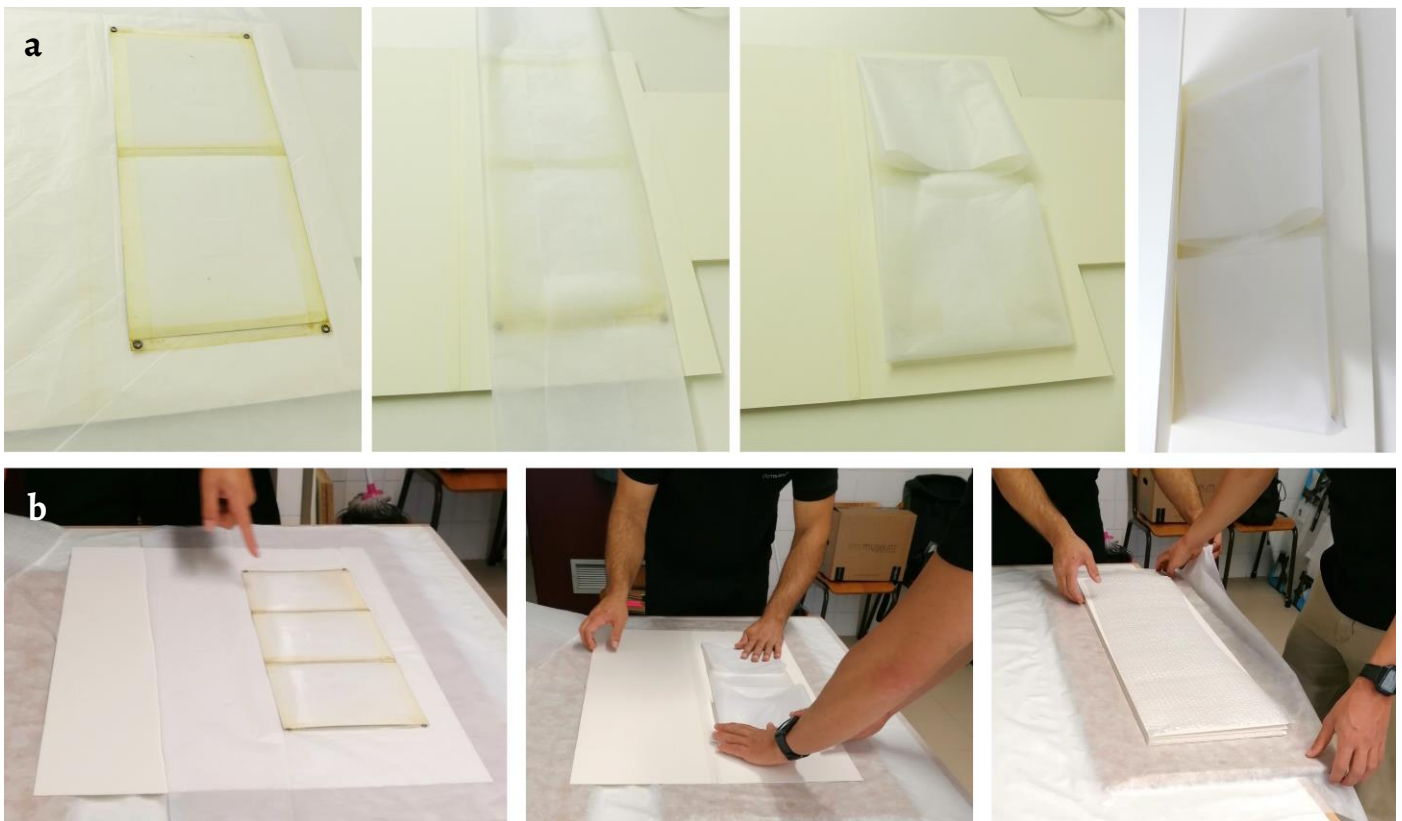


Figure 10. New enclosure developed for each strip of the artwork. Unfolded strip (completely flat) wrapped in Bondina, inside a Timecare conservation cardboard folder, then closed with Filmoplast P90: details of *a*) each step and *b*) wrapping process.

Conclusions

The challenges posed by the conservation of the artwork *Revolução, Corpo, Tempo* were overcome by the combined input of stakeholders, experts, conservators specialised in contemporary materials, metals and photographs, and a conservation scientist. The produced knowledge has especially benefited from the kind share of testimonies by Emília Tavares and Isabel Alves, which resulted in insightful information regarding the artwork's biography, display demands, and intervention strategies already adopted for other artworks by Ernesto. The information gathered from these testimonies, along with a comprehensive examination of the artwork's materials and condition were crucial to define the scope and limits of the proposed conservation treatment. The collaborative work was extremely important when considering procedures that would impact on more than one material and/or immaterial dimensions of the work. For example, the use of gels in the conservation treatment of the metal elements could provide more control of the operation and a more thorough cleaning effect. But gel residues could be left on the artwork and its removal procedure could be harmful for the nearby materials. Therefore, this method was not employed.

The role of conservation science along with the role of art history were also crucially important as one pressing issue was the profusion of materials with different chemical natures and functions, as well as the important artistic values associated with each element/material. For instance, there is the precarious nature of some materials but also the characteristic assemblage and display mounting that express the conceptual intentions of the artist. These two features combine tangible and intangible dimensions that must be preserved.

The examinations, particularly with UV radiation, and ATR-FTIR and μ -EDXRF analysis were also fundamental for a deeper understanding of Ernesto de Sousa's case study and a comprehensive perspective on his choice of materials. As described, knowing the adhesive tapes composition was crucial to identify the presence of materials possibly resulting from later additions for display purposes. Additionally, the presence of OBAs on either, photographic prints and paper on the woodblock, alert for the existence of material readily susceptible to change as previously explained. Moreover, the decay of OBAs is still poorly studied and more research needs to be done. Furthermore, PET and PE are already raising problems in other studies [12, 14, 25]. Thus, from an exclusive tangible perspective, the artwork *Revolução, Corpo, Tempo* is already a complex example due to the extensive presence of metals, PET, PE, inks, silver gelatine prints, OBA's and PST made of cellulose acetate.

The insufficient knowledge regarding Ernesto de Sousa's possible acceptance of variations in the installation of his works (for instance, in the assemblage and display mounting) complicated the discussion around these issues, as well as the decision-making process. But the collaborative work developed in this research enhanced the overall conservation of this artwork, and *Revolução, Corpo, Tempo* was again displayed and experienced by the public. In the end, a shared responsibility in the final conservation decision has been achieved due to the interdisciplinary thinking behind it.

One important outcome of this research is the acknowledgment of display changes that some of these artworks have and may continue to be submitted to in the future. This highlights the urgency of gathering and establishing guidelines for their preservation in order to avoid different decisions for similar artworks. In the case of Ernesto de Sousa works, that decision has commonly been laid with the conservator responsible for the decision-making and/or, many times, shared by Isabel Alves during conversations. However, these decisions are not thoroughly documented. For those reasons, it is difficult to access documentation registering the decisions made in the past, and even when data is shared, it is still lacking a systematic description and explanation of the procedures taken at the time.

As far as it is known, this paper adds to the literature knowledge for discussions on the challenges of treating mixed-media photographic artworks, especially the ones made by this artist. To contribute for the continued share of decision-making processes and to support

future conservation projects, the goal of this article was to describe and record all doubts, questions and procedures. Also, considering the materials of the artwork, more studies are being planned to include formal and material characterisation, condition assessment, examination and monitoring of artwork's ageing, as well as exhibition conditions for artworks with conceptual requirements. This is a new line of research at DCR (NOVA School of Science and Technology), which includes the research about Helena Almeida photo-artworks production, conservation and display being developed by master students and supervised by the authors.

Another pressing issue that came out from this research was how to keep the artwork completely flat while in display, without negatively affecting the characteristic assemblage of Ernesto de Sousa. Due to the chemical nature of the laminated prints and their sensitivity to moisture, the strips started to show slight deformations after a few days on exhibition. Even though this was not unexpected, no solution could be devised prior to the exhibition without a comprehensive discussion of possibilities. Thus, finding strategies to correct this change will be the subject of a future study, also benefiting from the collaborative network already established.

Acknowledgements

The authors are thankful to Isabel Alves for enlightening on display options for Ernesto de Sousa's artworks, to Alexandra Encarnação and José Paulo Ruas from Arquivo Documentação Fotográfica (DADB/FS-DGPC) for the artwork images from 2021, before this conservation work, and to NEON Art Conservation Lda. for sharing their conservation options for other artworks by Ernesto de Sousa. This work was supported by the Associate Laboratory for Green Chemistry (LAQV) which is financed by national funds from FCT/MCTES (UIDB/50006/2020 and UIDP/50006/2020) and carried out within the protocol established between DCR from NOVA School of Science and Technology and MNAC.

REFERENCES

1. Tavares, E., 'History of Portuguese photography 1970-2000', in *History of European photography 1970-2000*, ed. Vaclav Macek, The Central House of Photography, Bratislava (2016) 541-563.
2. Tavares, E., *Ph. 06 Ernesto de Sousa*, Casa da Moeda, Lisbon (2021).
3. Oliveira, J. A., *A fotografia e o fotográfico em Ernesto de Sousa*, Master Dissertation, Department of Art History NOVA University of Lisbon (2008) <http://hdl.handle.net/10362/126349> (accessed: 2022-02-04).
4. Warda, J. (ed), *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*, 3rd ed., American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Washington (2017).
5. Chen, J. J.; Smith, T. J., 'Documentation of Salted Paper Prints with a Modified Digital Camera', *Journal of the American Institute for Conservation* **59** (3-4) (2020) 271-285, <https://doi.org/10.1080/01971360.2019.1643527>
6. de Sousa, E. *Catálogo de Pretexto II*, Brancas Infinitamente, Coimbra (1982).
7. Thompson, T.; Passafiume, T.; Cartier-Bresson, A., *Lingua Franca: a common language for conservators of photographic materials*, Library and Archives Canada, 81, <http://data2.archives.ca/e/e448/e011188307.pdf> (accessed 2022-02-04).
8. Abbaspour, M.; Daffner, L. A.; Hambourg, M. M. (eds.), *Object: Photo. Modern photographs: the Thomas Walther collection 1909-1949*, The Museum of Modern Art, New York (2014), <https://www.moma.org/interactives/objectphoto/#home> (accessed 2022-02-04).
9. Ruffinatto F.; Crivellaro A., 'Wood Specifications O-P', in *Atlas of Macroscopic Wood Identification*, Springer, Cham, Switzerland (2019) 287-342, https://doi.org/10.1007/978-3-030-23566-6_11.
10. Messier, P.; Baas, V.; Tafilowski, D.; Varga, L., 'Optical brightening agents in photographic paper', *Journal of the American Institute for Conservation* **44**(1) (2005) 1-12, <https://doi.org/10.1179/019713605806082392>.
11. Connors-Rowe, S. A.; Whitmore, P. M.; Morris, H. R., 'Optical brighteners in black-and-white photographic paper: appearance and degradation', *Journal of the American Institute for Conservation* **46**(3) (2007) 199-213, <https://doi.org/10.1179/019713607806112251>.
12. França de Sá, S.; da Cruz, S. M.; Callapez, M. E.; Carvalho, V., 'Plastics that made history—the contribution of conservation science for the history of the Portuguese Plastics Industry', *Conservar Património* **35** (2020) 85-100, <https://doi.org/10.14568/cp2019017>.
13. Sim, L. H.; Gan, S. N.; Chan, C. H.; Yahya, R., 'ATR-FTIR studies on ion interaction of lithium perchlorate in polyacrylate/poly (ethylene oxide) blends', *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **76**(3-4) (2010) 287-292, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2009.09.031>.
14. Andanson, J.-M., and Kazarian, S. G., 'In situ ATR-FTIR spectroscopy of poly (ethylene terephthalate) subjected to high-temperature methanol', *Macromolecular symposia*, **265** (1-Special Issue) (2008) 195-204, <https://doi.org/10.1002/masy.200850521>.

15. Chércoles Asensio, R.; San Andrés Moya, M.; de la Roja, J. M.; Gómez, M., 'Analytical characterization of polymers used in conservation and restoration by ATR-FTIR spectroscopy', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **395** (2009) 2081-2096, <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3201-2>.
16. Gorassini, A.; Adami, G.; Calvini, P.; Giacomello, A., 'ATR-FTIR characterization of old pressure sensitive adhesive tapes in historic papers', *Journal of Cultural Heritage* **21** (2016) 775-785, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.03.005>.
17. Rahman, M. M.; Feng, X.; Zhang, H.; Yan, X.; Peng, Q.; Yu, P., 'Using vibrational ATR-FTIR spectroscopy with chemometrics to reveal faba CHO molecular spectral profile and CHO nutritional features in ruminant systems', *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **214** (2019) 269-276, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.02.011>.
18. Skeist, I. (ed.), *Handbook of adhesives*, 3rd ed., Chapman & Hall, New York (1990).
19. Satas, D. (ed), *Handbook of pressure sensitive adhesive technology*, 2nd ed., Springer, New York (1989).
20. O'Loughlin, E.; Stiber, L. (compilers), 'Hinge, Tape and Adhesive Removal', in *Paper conservation catalog* (1992), https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Hinge,_Tape,_and_Adhesive_Removal (accessed 2022-02-14).
21. Bertrand, L.; Alban, F.; Graham, M. (eds.), *Preservation of plastic artefacts in museum collections*, CTHS, Paris (2012).
22. Giebler, J.; Sartorius, A.; Heydenreich, G.; Fischer, A., 'A revised model for decision-making in contemporary art conservation and presentation', *Journal of the American Institute for Conservation* **60** (2020) 225-235.
23. Daudin-Schotte, M. and van Keulen, H., 'Dry Cleaning Research', in *Issues in Contemporary Oil Paint*, eds. K. J. van den Berg, A. Burnstock, M. de Keijzer, J. Krueger, T. Learner, A. de Tagle and G. Heydenreich, Springer, Cham (2014) 363-372, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10100-2>.
24. Shashoua, Y., *Conservation of Plastics*, Routledge, London (2008).
25. van Oosten, T.; Bollard, C.; de Castro, C., 'Lights out! The conservation of polypropylene wall tapestries', in *PLASTICS, Looking at the future and learning from the past*, eds. B. Keneghan and L. Egan, Archetype Books and Victoria and Albert Museum, London, (2008) 97-105.
26. Shashoua, Y.; Alterini, M.; Pastorelli, G.; Cone, L., 'From microfibre cloths to poly (vinyl alcohol) hydrogels – conservation cleaning of plastics heritage', *Journal of Cultural Heritage* **52** (2021) 38-43, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.08.009>.
27. Bernier, B., 'Issues in humidification and drying of gelatin silver prints', *Topics in Photographic Preservation* **11** (2005) 6-16.
28. Knipe, P., 'The evaluation of four aqueous and non-aqueous surface-cleaning techniques on silver gelatin photographs', *Topics in Photographic Preservation* **7** (1997) 19-27.
29. Oliver, R., 'May I spit on your photograph - A preliminary investigation into the effectiveness of saliva and a synthetic alternative for surface cleaning silver gelatin photographs', in *AICCM Symposium – Conservation of paper, books and photographic materials post-prints and posters*, Australian Institute for the Conservation of Cultural Material, Moonah (2006) 174-193, https://www.researchgate.net/profile/Cheryl-Wilson-3/publication/200550128_Measuring_the_dimensional_stability_of_paper/links/5a713d1f0f7e9ba2e1cb1e01/Measuring-the-dimensional-stability-of-paper.pdf (accessed 2023-06-10).
30. Pnias, D.; Taxiarchou, M.; Paspaliaris, I.; Kontopoulos, A., 'Mechanisms of dissolution of iron oxides in aqueous oxalic acid solutions', *Hydrometallurgy* **42**(2) (1996) 257-265, [https://doi.org/10.1016/0304-386X\(95\)00104-O](https://doi.org/10.1016/0304-386X(95)00104-O).
31. Turner-Walker, G., 'The nature of cleaning: physical and chemical aspects of removing dirt, stains and corrosion', in: *Proceedings of the International symposium on cultural heritage conservation. Tainan, Taiwan: 6th-8th November*, s.n., s.l. (2012).
32. Basilissi, G.; Brini, A.; Cagnini, A.; Ortolani, C.; Barbone, A. S., 'Evaluation of a dry method using erasers for silver – copper alloy tarnish cleaning and comparison with traditional methods', *Journal of the American Institute for Conservation* **61**(67) (2021) 1-17, <https://doi.org/10.1080/01971360.2020.1832396>.
33. Logan J.; Selwyn, L., 'Care and Cleaning of Iron – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 9/6', in *CCI Notes* (2007) <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/care-iron.html> (accessed 2022-02-14).

RECEIVED: 2022.5.11

REVISED: 2022.9.1

ACCEPTED: 2023.3.31

ONLINE: 2023.7.8



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>.

Plastics in fashion: a review of plastic materials in modern and contemporary costume collections and their conservation

Plásticos na moda: uma revisão dos materiais plásticos usados em coleções de moda moderna e contemporânea e a sua conservação

ALAZNE PORCEL
ZIARSOLO 

Department of Painting, Faculty of Fine Arts, University of the Basque Country (UPV/EHU), Spain

alazne.porcel@ehu.eus

Abstract

The conservation of plastics has become a real concern in fashion collections. The researches carried in the last years in institutions dedicated to preserve modern and contemporary clothing, show the existence of a surprising number of polymeric materials, natural based or chemically synthesized, as well as several emerging conservation problems related to them. Literature and publicity from the 19th and 20th centuries evidences that their introduction to fashion was possible thanks to scientific and technical discoveries focused in obtaining lower-budget alternatives to costly materials historically used in jewelry and dressmaking. These discoveries lead to the creation of a new range of materials that revolutionized fashion, from the earliest moldable materials to the first artificial plastics produced by chemical modification and finally, synthetic plastics. The present work aims to review the characteristics, applications and conservation of plastic materials within contemporary costume collections, which nowadays, represent a big challenge for the field.

Resumo

A conservação dos plásticos tornou-se uma preocupação real nas coleções de moda. A investigação efetuada, nos últimos anos, em instituições dedicadas à preservação do vestuário moderno e contemporâneo, mostra a existência de um número surpreendente de materiais poliméricos, de base natural ou sintetizados, bem como vários problemas emergentes de conservação com eles relacionados. A literatura e a publicidade dos séculos XIX e XX mostram que a sua introdução na moda foi possível graças a descobertas científicas e técnicas centradas na obtenção de alternativas menos dispendiosas a materiais historicamente utilizados na joalheria e na confeção de vestuário. Essas descobertas levaram à criação de uma nova gama de materiais que revolucionaram a moda, desde os primeiros materiais moldáveis até aos primeiros plásticos artificiais produzidos por modificação química e, finalmente, os plásticos sintéticos. Este trabalho pretende fazer uma revisão das características, aplicações e conservação dos materiais plásticos nas coleções de trajes contemporâneos, que hoje em dia representam um grande desafio para a área.

KEYWORDS

Costume
Contemporary fashion collections
Plastics
Synthetic materials
Conservation

PALAVRAS-CHAVE

Trajes
Coleções de moda contemporâneas
Plásticos
Materiais sintéticos
Conservação

Introduction

Clothing accessories have been used to complement and enhance garments throughout history. These are fickle to changes in fashion, styles and other social circumstances [1] and the trends of each period have dictated the incorporation of new accessories and objects, as well as the materials and techniques used in their creation, becoming authentic "symbols of their time" [2]. Some examples of this representativeness are the large-format combs made of tortoiseshell and metallic applications popularized in the 1830s, the Victorian mourning jewelry (Figure 1) or the corsets, whose use began to decline as girdles and brassieres became popular and gradually disappeared from women's clothing during the twentieth century [3].

Fashion and costume making have used all kinds of materials carved and molded into small accessories, amulets or jewels, ranging from wood, metal, precious stones and ceramics to pastes and even breadcrumbs or wax. However, the development of what we today know as plastics or moldable materials begins in the second half of the nineteenth century.

By the end of 1800s, materials obtained from different animal and vegetal sources along with new modified products based on resins or rubbers have been developed in order to replace natural materials that were beginning to be scarce [4]. These shortages inspired the research for substitutes and simulants, and different attempts were made to obtain more affordable materials for the production of jewelry and decorative accessories traditionally made of precious stones, metals and expensive materials like ivory and tortoiseshell. Progressively, less costly alternatives were produced parting from natural polymers like cellulose or casein that fast popularized thank to their convincing aesthetic properties and especially due to the fact that only a mechanical shaping or a simple processing was needed for their transformation, leading to the creation of the first artificial plastics.

During the last decades of the century, different noble materials such as marble, ebony or jet coexisted with the new products introduced to the market like casein-formaldehyde, gutta percha or vulcanized rubber. Not many samples of these early plastics have arrived to date due to their instability and fragile conservation [5].

Plastic materials are organic polymeric compounds that can be shaped or molded into different forms under pressure or heat and can be classified according to multiple aspects: the structure of the macromolecules that constitute them, their polymer base, applications or their manufacturing method [6]. Another general classification tends to divide polymers that soften with heat, called thermoplastics, and those that remain unchanged once molded, known as thermosets or thermosetting plastics [7].

Friederike Waentig, on her part, performs a chronological classification where she establishes four phases within the development of plastics [8]. Among the materials included in the first phase, "The origins, plastics and their predecessors", we find those derived from natural substances and used pre-1839 like horn, tortoiseshell or amber, rubber or even paper mache, considered as precedents of modern plastics.

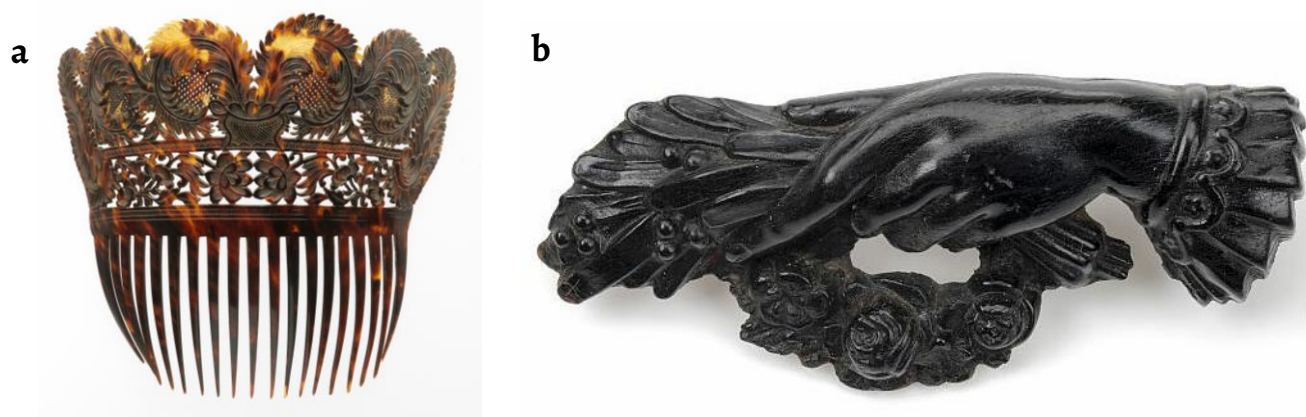


Figure 1. Jewelry: a) Tortoiseshell comb, late 18th century, Metropolitan Museum of New York; b) Victorian Mourning brooch, jet, 1850-1910, Museum of Rotterdam (photo: Europeana).

The second group, "The era of imitation materials", goes from 1839, when rubber vulcanization process was patented, to 1914 and enlists substances and mixtures that intended to simulate natural materials. Shellac, bois durci or the new chemically modified plastics such as Celluloid or Vulcanite are included here.

The following period from 1914 to 1950, entitled "The era of substitutes" will be characterized by the development of pure synthetic plastics still created as substitute materials like aminoplasts urea and melamine-formaldehyde.

The World War II definitively marked a turning point in the history of plastics. Many of them had been created in the 1930s, but it will be during the post-war years when new properties and qualities for the existing ones would be further investigated and developed. The "poly-era", as Waentig [8] named it, was constituted by synthetic plastics as polyesters, polyamides or polymethyl methacrylate that became regular in art and fashion collections from the 1960s.

Finally, according to their origin, another usual classification divides them into plastics based on natural polymers (animal or vegetable), semi-synthetics or modified natural polymers (casein, cellulose nitrate and cellulose acetate), early synthetics (phenol formaldehyde, amino formaldehyde) and those thermoplastics included in the "poly-era" or "poly-products" mentioned above [8-9]. Within the first ones, a subgroup called "mixed plastics" can be distinguished with materials such as bois durci or paper mache [10-11]. Those have in common the presence of a filler or stuffer (e.g. paper or sawdust) and a naturally occurring organic binder such as bitumen or albumen.

Currently, plastic materials can be found in museums, galleries and costume collections and it has been observed that many of them degrade far more faster than other traditional materials like stone or ceramics, glass or even wood [8]. These polymers shrink, discolor and turn yellow, distort, crack, become sticky, powdery and brittle to even disintegrate [12] depending on their composition and formulation and certainly due to the action of environmental conditions.

Even though research on the conservation of plastics has advanced significantly since its start in the 90s, the behavior of plastics is still hard to predict. Their chemical characterization and correct identification are essential in order to avoid or at least inhibit further deterioration and define safe preservation measures, intervention and display strategies [13].

However, for conservators, it is also necessary to understand their historical context and which technologies were available when the object was made because the history of plastics is of decisive importance when we are considering how to best to conserve and restore them [8]. A correct interpretation of the elements and objects present in modern and contemporary costume and fashion collections requires understanding their social and cultural framework, the qualities and functions that should be preserved and even the intend of their designer or creator [14].

Through the study of historical and scientific literature and advertisements available from the period, is visible that the introduction of plastics and synthetic materials to fashion was possible thanks to different discoveries and researches developed between the nineteenth and the twentieth centuries [10-11]. Many of the new materials and objects created then, are today studied and preserved in museums and institutions all over the world, and "collecting the various stories of plastic" [12] is necessary in order to conserve adequately these pieces, both from a material viewpoint as well as from a historical perspective.

Taking into account the different classifications mentioned, their chemical composition as well as their historical and technological background, the most important materials that are likely to be found in modern and contemporary costume collections and their main conservation problems are next reviewed.

Plastics in fashion

Within naturally occurring plastic materials that can be softened when heated and sculpted or formed in molds, we can distinguish a group of animal origin that include materials like horn, tortoiseshell or ivory and another group of vegetable origin materials such as rubber, gutta-percha or amber. Although many of those materials, especially those obtained from animals, are no longer used, for centuries they were very well considered in the fabrication of decorative artifacts, fashion accessories and jewelry.

Animal origin natural plastics

Horn and baleen

Horn is a protein-based material composed mostly of keratin, which can be considered the first material modeled on a commercial scale. The earliest written reference to the processing of this material is from 1284, but it was later in 1712 when John O' Brisset discovered that applying heat and pressure it was possible to obtain thin layers that could be shaped into molds [4, 8]. It could be colored to obtain tones ranging from black, used mainly to simulate ebony and jet, to almost translucent sheets that served as substitute for glass [8, 10].

The use of this material boomed when snuffboxes made to carry powdered tobacco became popular in London, and later in the nineteenth century, especially during the mourning period for Queen Victoria, due to the obligation to wear only black clothing and jewelry in public [15]. Horn was then molded into brooches, buckles, bracelets and also hairpins and combs [16-17]. Gradually they incorporated metallic elements such as screws (never present in real jet jewelry) (Figure 2a-b) or inlaid pearls to these brooches and other objects such as glasses.

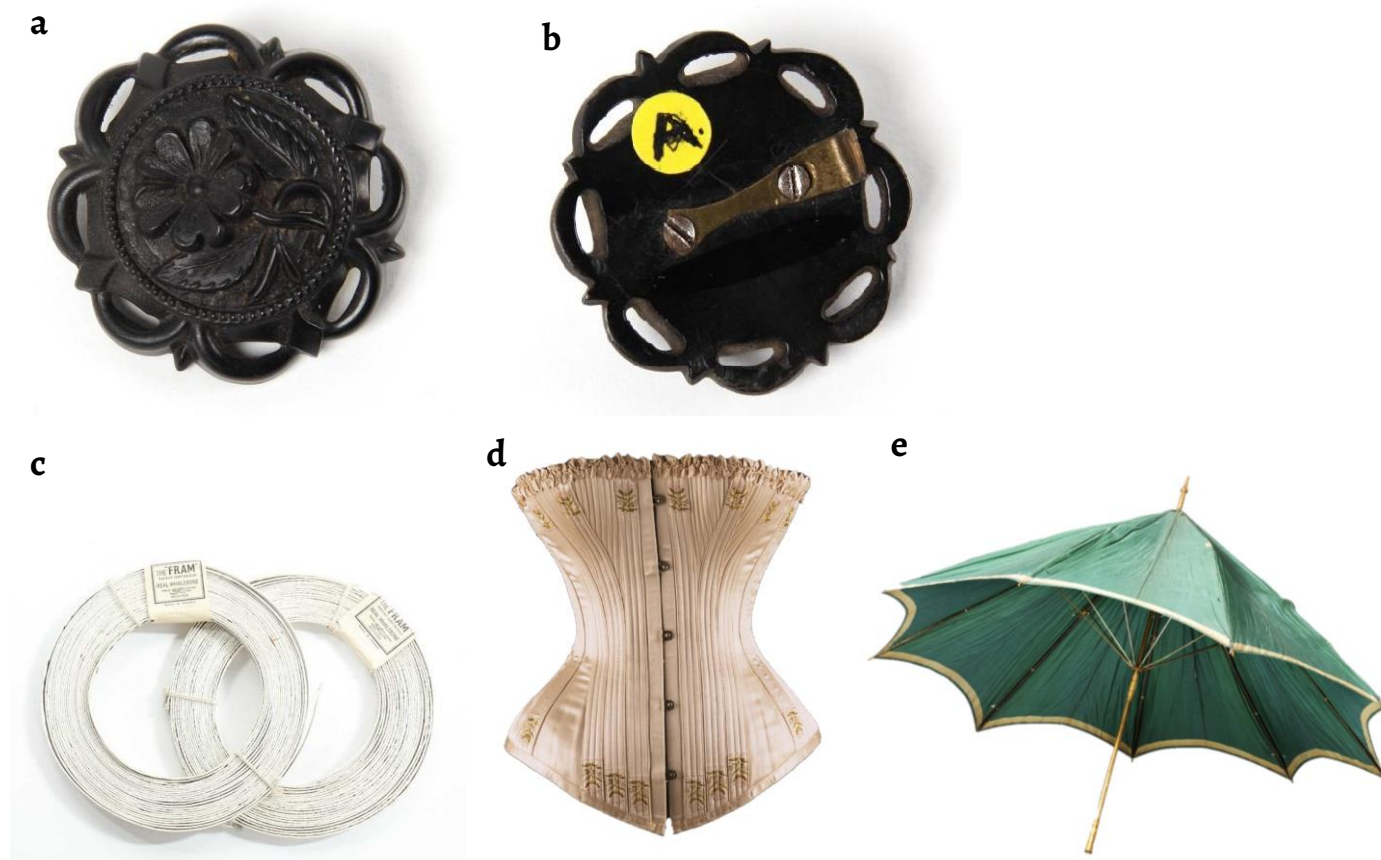


Figure 2. Pressed Horn Brooch, c.1850, Worshipful Company of Horners collection: a) front side and b) back side, Museum of Design in Plastics (MODIP), Arts University Bournemouth; And objects made with baleen: c) The Fram baleen rolls for corsets; d) Corset, ivory silk satin embroidered with silk, baleen, metal busk, c. 1900, Philadelphia Museum of Art; e) Parasol, silk, baleen, iron and cooper, 19th -20th century, Zuiderzeemuseum.

Horn objects conserved today are usually stable but the material has a tendency to delaminate due to its layered structure [16] and can present stress cracks, distortion and shrinkage in some cases [18] resulting sometimes in extreme fragility and break down of the material [19].

Baleen, usually miscalled whalebone, refers to the elastic bone plates that are located in the upper part of the jaws of the whale consisting of keratin. They are firm yet flexible and do not break easily. These properties made this material especially suitable for skirt and corset structures [20] and even umbrella bars (Figure 2c-e) but, while these garments and accessories were built to be sturdy, they can present specific damages in the boning and busks that tend to snap or slip respectively affecting their conservation [21].

Obviously, this material was neither easy to obtain or cheap, so corset makers began to use more economic substitutes as flexible woods like hazelnut or willow, spiral and flat steel or featherbones to be later substituted by artificial plastics such as Celluloid [4, 22].

Authentic whalebone was also used to make carved umbrella and cane handles, delicate jewelry and fans that usually contain metallic elements that can stain and affect it due to corrosion processes as it is been observed with other polymeric materials [23].

Tortoiseshell

Tortoiseshell is a thermoplastic material composed of β -keratin obtained from the back shells of the Hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*). It was processed in much the same way as horn, retaining its natural pattern. By applying heat, the shell material could be divided into layers to get one of the most popular materials historically used for costume accessories, woodworking and other applied arts, and especially for toilet articles, i.e. combs, brushes, mirrors and costume jewelry [24].

It was difficult and expensive to obtain, so first horn was colored in red-brown to resemble tortoiseshell combs and inlaid work [25] and later on cellulose nitrate and cellulose acetate were used to replace it [4, 26].

This keratinous material is porous and even if it is not soluble in water, high relative humidity can cause swelling, warping and dimensional changes [27]. On the contrary, low relative humidity can bring desiccation and shrinkage producing hardly visible separations between layers resulting in a loss of translucency [28-29]. Besides tortoiseshell becomes grey and cloudy under UV light exposure [30].

It is of special importance to identify tortoiseshell and its imitations within fashion collections because even simple treatments with solvents like acetone that are innocuous for tortoiseshell pieces [31-32], could be fatal in the case of imitation materials like cellulose acetate [33].

Mother-of-pearl and ivory

Materials such as nacre, also known as mother of pearl, or ivory should also be mentioned despite not being fully organic polymer based, but organic-inorganic or biomineral composites since they have been historically shaped and manipulated into objects and elements in dressmaking. Besides, they both have been extensively imitated materials by the artificial plastics so it is of great importance to identify the most usual conservation problems affecting them.

Nacre is a material obtained from the inside of the shell of many mollusks and has a white color with a characteristic iridescent shine [34]. Considered as a precious material, it appears in jewelry, combs (Figure 3), buttons, fans and other clothing accessories and objects. Mother of pearl buttons and small accessories like buckles, can be dyed in different colors and decorated with engravings. These small nacre objects are generally quite stable to environmental conditions but large size objects can brittle and become fragile [35].



Figure 3. Combs: a) Nacre comb, 19th century, Hormiman Museum and Gardens' Collections; b) Ivory comb, 1907, MAK collection – Museum of Applied Arts of Vienna.

Several materials have been used through history to simulate nacre including iridescent coated wax or glass, and during the twentieth century, both cellulose nitrate and cellulose acetate and even polyester [4, 36] were used to manufacture fashion accessories and fake pearl and beads under trade names like Pearloid.

Ivory, obtained mainly from elephant tusks has also been used since prehistoric times to make artifacts, sculptures and decorative elements. Until the arrival of synthetic substitutes such as cellulose nitrate or casein, it was the main material used to make billiard balls, piano keys and different decorative elements in costume accessories such as fans, umbrella handles or modernist jewelry and hair combs [4].

As tortoiseshell, ivory is not soluble in water but can swell and deform in high humidity conditions [27] and desiccate when relative humidity is too low bringing cracking and splitting producing microscopic separations between its layers [28-29]. Ivory gets darkened due to natural aging developing a yellow-brown patina [28] and it bleaches when exposed to light [37].

Vegetal origin natural plastics

Vegetable kingdom is also a rich source for moldable materials. Especially important are natural rubber and gutta-percha, very similar and chemically related substances. Rubber needs technical intervention to stabilize so it is often listed as a modified natural substance, thus, as a semisynthetic plastic. Resins like amber or shellac are usually included within this group along with other mixed plastics based on wood and cellulose like bois durci or paper mache.

Natural rubber

Rubber is an elastic hydrocarbon obtained as a milky emulsion (latex) from the exudation of trees of the Euphorbiaceae family, primarily the *Hevea Brasiliensis* or Pará rubber tree. It is a material long known and used by ancient cultures (e.g. Mayans or Aztecs) because of its qualities of elasticity and impermeability for what it was first marketed as India Rubber [4].

After being introduced in Europe in the eighteenth century, the first investigations were conducted during the next century to achieve waterproof fabrics to obtain coated tissues, protective films and water-repellent textiles [38]. It is widely known that Scottish chemist Charles Macintosh patented in 1823 one of the first waterproof fabrics originally designed for awnings, combining rubber dissolved in naphtha with cotton.

No doubt, this material would later revolutionize fashion and clothing for its usefulness, but its early versions were not very successful. Untreated natural rubber is not stable in its solid form, oxidizes easily and it is very sensitive to temperature changes [8]. The rapid deterioration of early rubberized clothing was reported by the press of the time mentioning its “odious smell

of sweat and the occasional melt down of the garments” [39]. Indeed, it became tacky and sticky when exposed to heat and brittle at low temperatures [40]. These problems were avoided with the discovery of the vulcanizing process.

Natural rubber

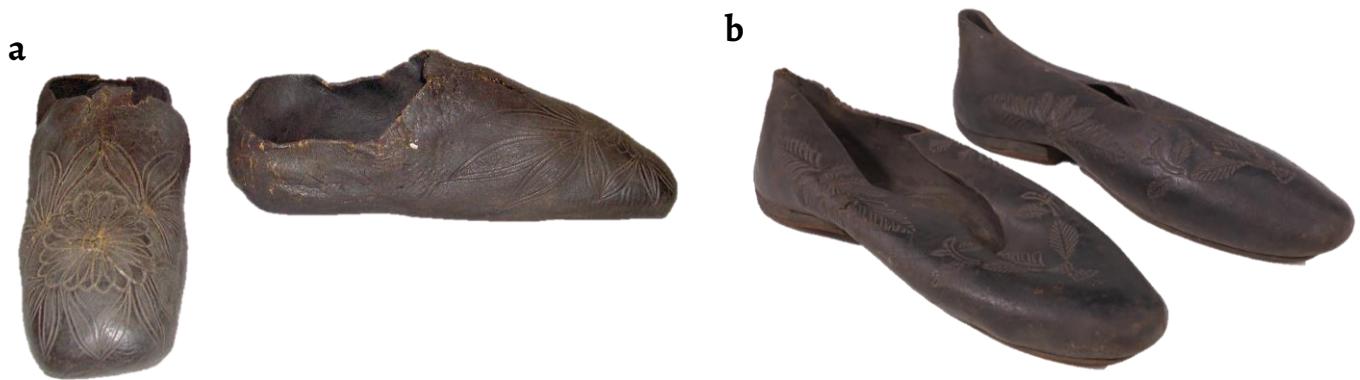


Figure 4. Shoes: a) Gutta percha overshoes, 1830, Metropolitan Museum of New York; b) Rubber galoshes, 1820-1839, Metropolitan Museum of New York.

The other version of rubber existing in nature is gutta-percha, a very similar material with a slight variation in the structural unit. It is also obtained from the solid latex of some Asian trees like *Palaquium Gutta*, *Palaquium Oblogifolia* or *Palaquium supfianum* [8]. Unlike rubber, it is hard but flexible and softens in hot water at a temperature of 100 °C becoming malleable, allowing molding and getting hardened when cooled [41].

John Tradescant, an English traveler and gardener, introduced the material in Europe, in 1656, but the discovery was at first considered just a botanical curiosity. It was during the nineteenth century when the first objects made with this material were exhibited in Europe after the Gutta Percha Company was founded in London in 1845 [4, 42].

Gradually it acquired interest as a material for medical devices, golf balls, dolls and small fashion accessories and shoes (Figure 4) as well as jewelry pieces, cameos and medals. It also became the favorite material for coating submarine telegraph cables with such a success that it would not be replaced by a synthetic material until 1940 [4, 43].

Gutta-percha oxidizes quite easily and it becomes brittle when exposed to air. It crumbles and tears relatively quickly, so very few examples have been preserved until today [5].

Amber

Alike nacre, amber it is considered a precious material and one of the most popular materials used along the history for jewelry making, amulets, buttons or cigarette holders [4].

It is a fossilized tree resin (coming from conifers) that can be found in colors from pale yellow to black, always translucent and several factors including environmental conditions can affect it. Amber artifacts can suffer deterioration due to chemical alteration resulting in fragility and subsequently physical damage [44].

Being expensive and hard to work, plastic manufacture companies such as Celluloid Company during the nineteenth century or Pyralyn from DuPont around 1910, tried different substitutes to replace it [26]. Later on, one of the first uses of Bakelite, the first synthetic plastic, was precisely to imitate it [45].

Shellac

Shellac is an organic substance result of a parasitic relationship between the insect *Laccifer Lacca* and a tree species from Southeast Asia (*Butea frondosa*). It is a resin-like secretion than can be found in different colors from pale yellow to red and to be molded it was mixed with wood dust and subjected to heat and pressure [8].

It was manufactured in USA as molding material for making “union cases”, protective frames for daguerreotypes and ambrotypes fabricated by companies like Peck, Halvorson or Critchlow. Later on new mixtures with mineral fillers were created and patented, both in United States (US) and in the United Kingdom (UK) [11]. It was also used to make brooches, decorated objects and cosmetic items such as toiletries under the name Diatite (Figure 5) [4-5, 46]. Not many of this objects can be found today in good conditions, because they tend to crack and chip over time.

Traditionally, shellac has been used as a protective and decorative lacquer applied in solution similar to Chinese lacquerwork [5]. Dissolved in alcohol, provides a bright and adhesive mixture used in “French polish” technique [10-11] and employed as a shiny coating for wood and metals. Shellac coatings have also been detected in metallic and gelatin sequins of several twentieth century dresses and accessories [47].

In addition, headgear and fashion manuals from the twentieth century mention a material used to obtain a glossy finish and give hardness to natural fabrics like raffia under the name “Shellac for headgear” that could be purchased in different colors. This coating was applied during the shaping of the hat and later to regain the luster that may have lost during this process, and was presumably pretty resistant to water [48].

According to García Fernández-Villa and San Andrés Moya, shellac varnishes show worse behavior against humidity than molded objects but both can be affected by high temperatures and strong lighting, producing softening and darkening. It generally does not suffer biological attack [10].

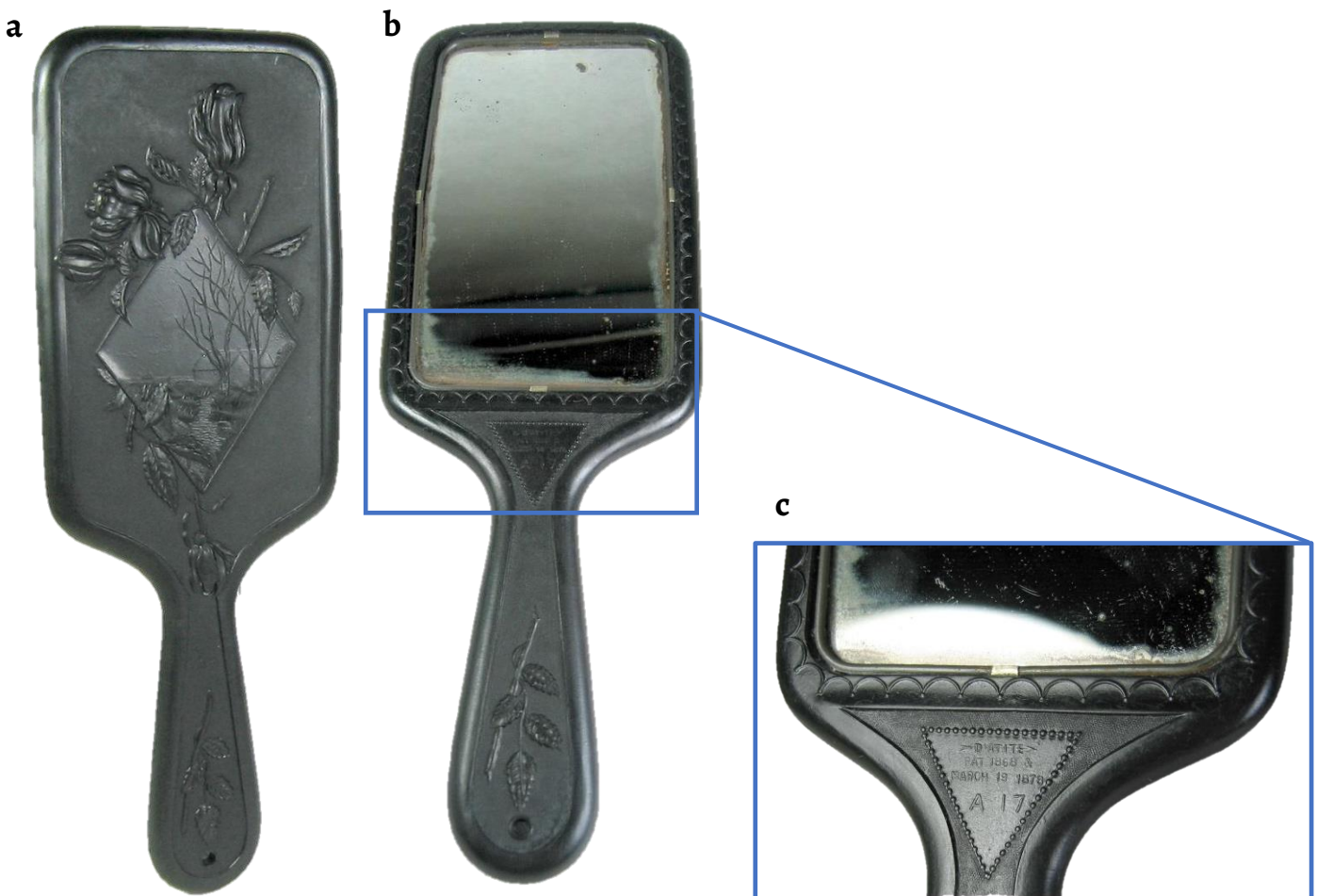


Figure 5. Diatite hand mirror, 19th century: a) back side; b) front side; c) detail “Diatite” (photo: WorthPoint Corporation, 2022).

Bois durci

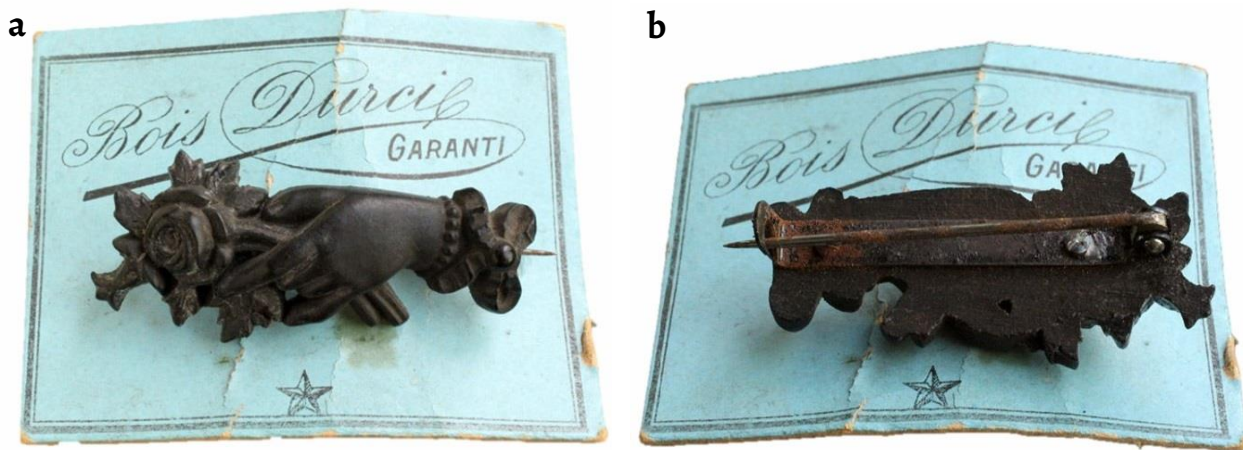


Figure 6. Victorian mourning brooch of hand clasping roses made of bois durci (photo: A. Kobensis).

In 1855, François C. Lepage patented a mixture for molding and casting called bois durci (hardened wood in French) obtained by mixing sawdust and egg albumen or cow blood [17]. By subjecting it to temperatures between 150 and 200 °C and pressure, a hard mass could be obtained. This brown or black thermosetting material with a polished surface served mainly to replace ebony or rosewood, which were costly and valued materials at the time [8].

It was widely used to create small decorative objects such as hair combs, pipes, commemorative plaques, desktop objects and specially mourning brooches and jewelry during the nineteenth and early twentieth century (Figure 6).

Bois durci is quite stable and many of the objects conserved today show no signs of degradation and even keep their original shiny appearance [8]. In some cases, pieces were polished with waxes, which according to Morgan may have contributed to their conservation [9]. In the case of objects that have been exposed to excessive light, a slight discolouration and an increase in the dustiness of the surface has been observed [8].

Papier-mâché (Paper mache)

Although the French term *papier-mâché* or paper mache refers us inevitably to crafts, it has been since the eighteenth century, when it was first patented [43], a versatile material that served as a substitute for wood and even used for the fulfillment of architectural elements and furniture [8, 49]. It was first used as glued panels by applying heat used in construction, furniture and paintings [43, 50] and in paste form, consisting of paper pulp, wood fibers or rags bound with animal glue. Other version of these pastes were made of flour and arabic gum and even had fillings or loads of rice flour, rye or mashed potatoes [8]. This last mixture was directed mainly to the manufacture of dolls. Decorative and snuff boxes and imitation jewelry was made with this material.

Pulp ware is a more recent British variant that was bound with natural resins and linseed oil. Cleaned sawdust was used in addition to paper and the mass obtained was baked in a kiln and it was more waterproof than paper mache [8].

Thetford Pulp was another example of a patented waterproof material developed during the nineteenth century from jute sacking, wood pulp, vegetable fibers and linen rags used to produce decorative boxes, small pottery and crockery items and even helmets until the end of the 40s [43].

In Germany, a variant was also used to create an artificial leather named Presstoff that was manufactured using a layered and treated paper pulp directed to all kinds of costume accessories from belts to bags and cases. With time, it tended to delaminate and loose cohesion and it broke down when it became wet [51].

All the materials mentioned above, especially those using cellulosic fillers (paper or sawdust) in their mixture to obtain moldable objects, are highly reactive to high humidity conditions and their chemical behavior determines all possible conservation treatments [52-53].

Semi-synthetic plastics

Artificial or semi-synthetic plastics come from raw natural materials that have been altered or chemically modified. Treated rubber, cellulose esters like nitrate or acetate or milk protein based casein plastics were among the first artificially created materials that transformed clothing and accessories from the nineteenth century.

Vulcanized rubber

The vulcanization process, by which a resistant and stable material could be obtained from natural rubber, can be considered one of the technological discoveries of major repercussion in clothing and costume of the time [54]. The invention is attributed, on the one hand, to Charles N. Goodyear in the US and, on the other hand, to Thomas Hancock in England. Goodyear claimed to have discovered the sulfur-based vulcanization heating raw rubber with sulfur and white lead in 1839, but did not patent his invention until 1844 meanwhile Hancock patented it in 1843 [4, 8].

By the middle of the nineteenth century, many companies were legally manufacturing all kinds of rubber articles using Goodyear's and Hancock's patents in the US and the UK respectively. Hancock and Macintosh had formed a company in 1825 named "Charles Macintosh & Co." where from 1844 they produced durable soft-rubber products, such as shoes, collars, cuffs and rainwear. Even underwear, corsets and elastic girdles were made out of rubber (Figure 7a-c) as well as innumerable products for domestic and industrial use such as hose pipes, soccer balls or tires [8].

Besides Macintosh, Goodyear and Roxbury India Rubber in the US, Hutchinson and Rattier & Guibal in France were the major producers that commercialized rubber goods during that period [55]. Other manufacturers like Leverett Candee in the US acquired at the time licenses from Charles Goodyear for the production of rubber shoes and other garments with great success [56] and companies like Burberry or Bax & Company introduced impermeable clothes like the *Aquascutum* model (1851) that was made of wool treated and waterproofed with rubber [38]. Burberry also created and patented the water and wind proof fabric called gabardine in 1879 and patented it in 1907, producing one of the most popular predecessors to the trench coat used years later by the soldiers during World War I [38, 57].

From the 1840s to 1890s rubber clothes were in high fashion but their use gradually declined [55]. During the twentieth century, the popularity of rubber coats began to give way to the new fashion of chemically treated rainproof coats [54] and many other different treatments and processes were investigated to create waterproof and resistant films using oil on cotton or silk fabrics. From the 40s lighter fabrics for clothing were used, popularizing polyvinyl chloride (PVC) and other plastic imitations [58].

Vulcanize rubber was also utilized to produce rigid elements such as dress buttons, jewelry or tobacco pipes under the name Ebonite or Vulcanite in Britain or "hard rubber" in the US, becoming an excellent synthetic substitute for expensive natural materials [4, 46].

The introduction of sulfur in the vulcanization process was used to generate many crosslinks between chains of polyisoprene creating a material that was no longer thermoplastic but thermoset. This way a more stable and harder rubber is obtained without losing its natural elasticity, resulting more resistant to chemical attack and temperature changes than natural rubber. Its mechanical properties can differ varying the amount of sulfur added during vulcanization getting a harder material the higher the proportion of sulfur is [59].



Figure 7. Advertisements of rubber garments and objects: *a*) Medicated Rubber Undergarments, 1909 (<https://bit.ly/3MORRvY>); *b*) Ladies' silk Rubber Mackintosh garments (1890), The Miriam and Ira D. Wallach Division of Art (photo: Picture Collection, The New York Public Library, <https://bit.ly/3WINnvg>); *c*) Worcester Rubber Company, Bloss & Rousseau, 19th century, (<https://bit.ly/3IPZwst>); And vulcanite-ebonite items: *d*) Vulcanite Comb, c.1851, Metropolitan Museum of New York; *e*) Ebonite Brooch. c. 1875, The Cloth Museum, Madrid (photo: F. J. Maza Domingo).

It could be manufactured in various colors although black and brown were predominant and therefore it was mostly employed for imitations of jet, to produce mourning jewelry, brooches (Figure 7d-e), bracelets and necklaces but also buttons and decorative boxes [4, 8]. In its bleached state, it was used from about 1860 as a substitute for ivory and horn [60] and it mixed with white and red pigments a pink substance was produced and used to resemble gums for false dentures [46].

Vulcanite can become brittle and cannot be re-molded. The exposure to light and moisture can oxidize the surface and bring color changes to typical dark grey-green (in the case of brown objects) [5] and khaki brown in the black ones [16]. It can also carry chemical changes due to the oxides of sulfur and sulfuric acid formed during the degradation with the consequent migration to the surface. Copper or brass inserts or screws in jewels can accelerate degradation [61].

Casein plastic

After several attempts to obtain a moldable material from casein, German scientists Adolph Spitteler and Wilhem Krisched developed and patented in 1897 casein formaldehyde, an artificial polymer manufactured from milk fat and formaldehyde [8].

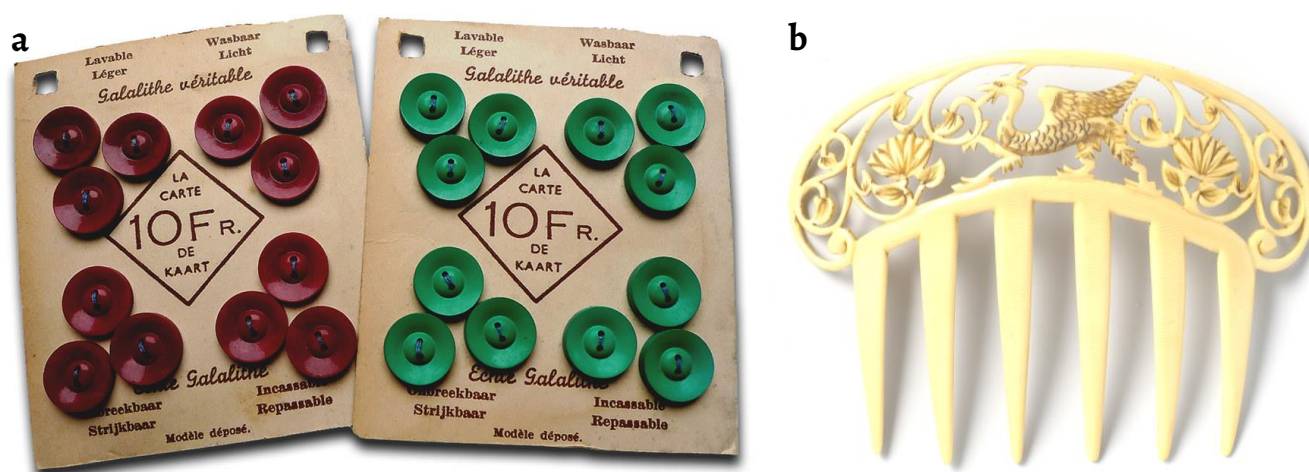


Figure 8. Casein products: a) Galalith buttons (photo: K. J. Cole); b) Hair comb imitating ivory, c.1925-1930, Rijksmuseum.

It was first marketed as Galalith and used to make imitations of tortoiseshell, horn, ivory and jade [2] and to simulate marble or stone objects. It was also known by trade names as Erinoid, Dorcasine or Lactoid in UK and Aladdinite or Amaroid in the US [4]. Casein was mainly used to make modernist jewelry and hair combs (Figure 8) by designers such as Auguste Bonaz as well as in the fabrication of buttons, buckles, corset clips or umbrella handles [4, 8].

Commercialized and labeled as “washable, light weighted, unbreakable and ironable”, it has been considered as one of “the best of the early plastics” [62] since all kind of colors, finishes and effects could be achieved by an easy and cheap processing. Even more, unlike Celluloid, which was in trend at that time, it was non-flammable and burned very weakly [8].

However, the material had a few drawbacks from the beginning. Casein plastics were plasticized with water so they absorb and expel moisture expanding or shrinking depending on the surrounding environment. Being very reactive to fluctuations, the recommended relative humidity for this material is usually higher than for the rest of plastics, around 60%. At low relative humidity (RH), eventually, dehydration causes shrinkage and consequent distortion resulting in brittle surfaces, cracks and crackles although it is unlikely to reach disintegration as happens to cellulose nitrate [4-5].

It is resistant to many solvents but acids or strong alkaline solutions cause degradation of the polymer and may cause crazing [63]. Casein objects are also susceptible to biological attack due to its protein base [64] and other usual problems is color fading from light exposure and failure of colorfastness of the dyes employed in its manufacture that is non-reversible [65].

Cellulose nitrate

When in 1845, German chemist Christian Friedrich Schönbein discovers nitrocellulose, also known as guncotton or pyroxylin gunpowder, the doors opened to the race for new materials and plastics. In 1846, after applying for a patent for cotton gunpowder, he obtains a cellulose nitrate with a lower degree of nitration, soluble in a mixture of ether and alcohol that formed a clear and gelatinous solution known as collodion. With the evaporation of the solvent a transparent film was formed that was initially used to heal wounds and in photography [8].

It was not until the mid 50s of the nineteenth century when the first attempts to obtain a marketable cellulose nitrate succeeded in the hands of British Alexander Parkes, who achieved to produce cellulose nitrate from nitric acid, sulfuric acid and cellulose, derived from sources such as cotton. This was mixed with vegetable oils and organic solvents giving a moldable dough [4, 8].

The pyroxylin solutions had problems when molded since the high temperatures that were required caused its decomposition and eventually it became hard and brittle. In 1865, after obtaining several patents of collodion and modified pyroxylin, he introduced a new type of cellulose nitrate, to which camphor was added, under the name Parkesine. Later the

production of cellulose nitrate objects continued under the name Xylonite. Other commercial brands were Viscoloid, Ivoride (imitation ivory), Cristaloid (glass imitations), Fiberloid, Coraline, Pulveroid, Pasbosene, Cellonite or Pyralin (Figure 9a-c) [4, 8].

Meanwhile in the US, John Wesley Hyatt also developed a type of cellulose nitrate using camphor as a plasticizer and he patented the product as Celluloid, which became the first commercial plastic in America [7]. Hair slides, glasses' frames, combs, buttons, fans and toiletries were manufactured with cellulose nitrate simulating the appearance of materials like amber, ivory or tortoiseshell and reproduced hardness, transparency, colors and designs of all kinds (Figure 9d-f). The use of hair combs and hatpins decreased in the 1920s with the coming of the short bobbed hairstyle, resulting in a much reduced market [4, 17, 66].

Little plastic elements such as corset clasps, bust bodice's bonings or zippers can be found in Cristobal Balenciaga or Elsa Schiaparelli's dresses from the 30s and 40s. They usually appear next to natural fabrics such as silk or cotton or semi-synthetic fabrics as viscose-rayon or triacetate, that can be affected by deterioration processes and products emitted by those plastics [67].



Figure 9. Advertisements of commercialized cellulose nitrate brands: a) Ivory Pyralin from Du Pont de Nemours Company, 1920 (<https://bit.ly/3gSMHRp>); b) Amber Pyralin from Dupont, c. 1921 (<https://bit.ly/3oSGLRZ>); c) Fiberloid Company, 1923 (<https://bit.ly/2K9IPNB>); Cellulose nitrate pieces: d) Celluloid comb simulating tortoiseshell, Metropolitan Museum of New York; e) Ivorine Comb, Gillian Horsup Online Catalogue; e) Celluloid fan imitation of mother in pearl, 1925, Museum of applied arts in The Hague (photo: European).

Contemporaneous designs and dresses may also contain trimmings and decorations that can present important conservation issues due to their moisture sensitivity as in the case of gelatin sequins. They were cheap and versatile and often laminated with cellulose nitrate to obtain iridescent and other decorative finishes [47].

Among men's fashion, cellulose nitrate detachable collars, cuffs, and shirtfronts became a successful and economic alternative to textile ones in the late nineteenth and early twentieth century due to their alleged waterproof and perspiration-proof characteristics [4, 68].

Other uses included its application as a varnish or coating film in order to create a synthetic replacements for leather. Materials such as Fabrikoid from Dupont or Rexine by Rexine Ltd of Hyde company were created to resemble expensive skin and leather by applying layers of cellulose nitrate on cotton fabric [69-70] and for millinery purposes. Bags, shoes, belts, and all kind of accessories were fabricated with these new pleather materials until the 1940s when it was replaced by the new vinyl materials.

Cellulose nitrate's deterioration has been widely documented and it is considered one of the plastics with more conservation problems in collections nowadays. Due to its chemical composition, it can degrade to release nitrogen oxides (NO_x), which reacts with the environment moisture to produce nitric acid that can damage contiguous materials and elements, especially those presenting tissues like clothing and metallic clasps commonly found in costume garments and accessories [71].

It is important to be aware that this chemical damage can be occurring even when the object may appear to be in good condition, especially during long storage periods. Once degradation is detected, it is recommended to isolate the deteriorated piece from the rest of damageable objects using barrier materials to avoid direct contact, such as plastics sheeting and films fit for conservation [72-73].

Cellulose acetate – CA

Cellulose nitrate caused problems since its start because of its high flammability, which boosted the search for other cellulose esters. In 1865, French chemist Paul Schutzenberger obtained the first cellulose acetate (CA) soluble in highly toxic chlorinated solvents and its processing was very costly. Cellulose triacetate was mainly used for the manufacture of textile fibers and gained commercial importance after World War II while the cellulose diacetate was also used to be molded [59].

In 1894, British scientists Charles Cross and Edward Bevan discovered and patented a process for the manufacture of a more stable CA, which had a similar structure to that of cellulose nitrate but it was not as flammable. Further investigations to find a common and inexpensive solvent to dissolve the polymer led the American chemist Georges Miles, in 1904, to discover that if the polymer was hydrolyzed it could be partially dissolved in acetone [8].

Following this new line, German researchers Arthur Eichengrün and Theodor Becker patented in 1909 the method for obtaining partially acetylated cellulose or cellulose diacetate that could be dissolved in acetone. During the World War I, it became popular for waterproofing fabrics of the airplanes' fuselages, promoting the interest in further research to improve the material [8].

Although it was marketed as "Safety Celluloid" [24], CA still presented some drawbacks: it suffered thermal degradation due to high temperatures that were required to be molded. The use of plasticizers (e.g. phosphoric acid esters) improved the elasticity and pliability of the polymer [8, 11].

Among the trade names under which CA was sold (including manufactured fibers and fabrics) were Celanese, Celastoid, Clarifoil and Cinemoid of Celanese Corporation or Tenite, Plastecele, Fibestos, Tortoloid and Viscoloid from DuPont, among others [4, 8].

a **VISIT OUR STAND J.117**
to see the *British Celanese* Products—

CELASTOID **CELLASTINE**

—and their applications in numerous industries. The sole 'All-British' Safety Celluloid—the acme of all Synthetic Plastic materials.

CELASTOID: Produced in sheets and tubes. *Sheets* in parent colours and a great variety of fancy patterns. *Tubes* in the same opaque and transparent colours as sheets.

Our selection in sheets of fancy patterns such as the finest reproduction of Tortoiseshell, Marble, Mother-of-Pearl, Ivory Moire, is further enhanced by our latest creations—Nacre-of-Pearl and Imitation Vellum Skin.

Nacre-of-Pearl, natural and backed with our Transparent colours or backed with paper, in a great variety of colours, has widened the applications by the Building and Furniture Trades, Musical Instrument Manufacturers, Box and Fancy Goods Trades.

Nacre-of-Pearl, Vetroloid and Imitation Vellum have proved ideal mediums for lampshade makers and all classes of fancy goods manufacturers.

Transparent Celastoid is of a recognised superior quality characterised by no change in colour through ageing and is non-spitting in rain.

The outstanding features of **CELASTOID** are:
Absolute stability of quality. Perfect safety from fire.
It is non-odorourous.

These, together with the perfect ease and economy of working, and the dielectric properties, allow the material to be applied to a great number of industries.

CELLASTINE: Produced in sheets, rods and moulding powders. The product has recognised high dielectric properties. It is an absolute staple product not subject to discoloration by ageing or exposure. There is no deterioration or decomposition through climatic influence. Sheets and Rods are supplied with a deep, brilliant and lasting polish. The same finish is obtained on articles moulded with Cellastine powder. The surface resistivity is not affected by this remarkable finish. Cellastine is odourless, non-inflammable, hard yet resilient.

For full particulars apply sole Manufacturers:
BRITISH CELANESE LTD., CELANESE HOUSE, HANOVER SQUARE, W.1

b *More for her money*

NOT long ago, a bag handle like hers, with its lustrous coloring and intricate design, could have been made only of costly jade, and only by laborious hand-carving.

Actually, this handle was injection-molded of Tenite, complete in fifteen seconds.

Jewel-like in luster, smooth as ivory, tough as horn, it retails, not in the luxury range, as it would if produced by a series of slow hand operations . . . but for twenty-five cents. More for her money!

Hundreds of other products in the novelty and accessory fields are now being molded of Tenite more economically than they could be cast or machined from any other material. High-speed production, reduced finishing operations, added beauty and serviceability are advantages of Tenite which contribute to profitable sales.

Tenite Book on Request

Tenite is a tough, practically unbreakable plastic made of Eastman cellulose acetate in an unlimited range of transparent and opaque colors.

Leading custom molders will tell you more about its advantages, or you may write us direct for a copy of a 52-page book on Tenite and its uses . . . Tennessee Eastman Corporation, Kingsport, Tenn. (Subsidiary of Eastman Kodak Company.)

TENITE AN EASTMAN PLASTIC



Figure 10. Cellulose acetate advertisements for: a) British Celanese's Cellastine and Celastoid, 1929 (<https://bit.ly/3n7YcUS>); b) Tenite from Eastman, 1938 (<https://bit.ly/37OPmoR>); and cellulose acetate used in fashion: c) André Courrèges dress (1968), made of cellulose acetate, silk and cotton, The Metropolitan Museum of Art; d) Detail of the deteriorated cellulose acetate film (photo: S. Scaturro).

It was used to make transparent movie negatives and photographic films and with the development, during the 30s, of the first injection molding machine invented by Eichengruen, making articles by pressure injection molds was enabled leading to the manufacture of all kind of objects as toys, toiletries, combs, necklaces or purse handles in different colors (Figure 10a-b). Popular plastic purses were made, like the “Shell bag” model (made of a mixed material named French Shell and Blonde) made of CA used during the 50s for hard bags alternating with Lucite (polymethyl methacrylate) [74].

In 1917, French chemical company Rhône – Poulenc invented another material based on CA that was called Rhodoid, from which plastic transparent sheets could be obtained and shaped to create accessories and jewelry. Rhodax, Rodhialine, Rodhophane were other commercial variants [75].

Different decorations, trimmings and elements like sequins were also fabricated with all variants of CA from flat sheets and films to moulded elements [47]. They can be found in the early works of artists and fashion designers as Schiaparelli or Balenciaga as well as in the futuristic designs by Paco Rabanne or André Courrèges [33, 76] (Figure 10c-d).

Both CA along with cellulose nitrate are inherently unstable due to their poorly stabilized and largely experimental formulations [77-80]. Cellulose acetate costume pieces in poor conservation state are not easy to treat and usually present irreversible damage, as is the case of pieces affected by chemical breakdown processes due to acid hydrolysis referred to as “vinegar syndrome” [8]. Besides moldable versions of CA also films and laminated fabrics found in hats and dresses present a real conservation challenge [33]. Nevertheless, still the best option to extend the lifetime and minimize damages of these works is the application of preventive measures [77, 81].

Synthetic plastics

Between the two World Wars, a breakthrough in the knowledge of plastic materials took place. The investigation was prompted to search for innovations in military material and many new plastics appeared during the period between 1935 and 1947. During the following decades, the production and consumption of plastics grew unstoppably.

In the late 20s and early 30s, plastics had stormed into fashion in the form of accessories, buttons, bracelets and jewelry imitating materials like ivory, jade or jet. After the Great Depression, plastic costume jewelry became very popular and became one of the favorite materials for Art Deco designs. Coco Chanel or Elsa Schiaparelli were among the first designers to include plastic jewelry and other elements in their fashion collections; soon many more would follow [82].

Phenol-formaldehyde resin (Bakelite)

At the time casein and CA were being introduced into the market, Leo Hendrick Baekeland, a Belgian American chemist, discovered the phenolic resin that patented in 1909 under the name Bakelite.

It was the first fully synthetic thermoset plastic that was obtained by condensation of phenol and formaldehyde with a catalyst. He first developed the resin in liquid form to be used as a lacquer to insulate electrical cables and waterproofing textiles. Then it was modified until a viscous resin could be poured into molds and completely polymerized at high temperatures to obtain a molded plastic [5], “perfectly insoluble, infusible and not sensitive to most chemical products; excellent as an insulator for heat and electricity” [83].



Figure 11. Different Bakelite jewelry pieces imitating: a) ivory and b) marble (photo: Chic Antique (<https://bit.ly/33heBBv>)); c) amber (photo: Collectorweekly); and Sample charts of: d) Marblette Corporation (photo: Meghan Weatherby, Art Deco Society of New York, Inc., 2020); e) Catalin Corporation (photo: Merrill Mabbs (ClassicRadioGallery.com)); e) Resinol fabric samples, Amsterdam Bakelite Collection, Reindert Groot.

Shortly, pieces of Bakelite appeared on the market imitating any possible material, from ivory to pearls and it was welcomed by fashion and haute couture designers of the time. “The material of the thousand uses” as it was advertised by the Bakelite Corporation, could be produced in any shape and color. There were transparent and translucent variations as the Applejuice version used to imitate amber, or opaque and mottled finishes simulating marble under brand name Marblette (Figure 11a-c)[45].

Accessories such as buttons, umbrella handles, jewelry and bangles, brooches or buckles were designed and molded with the new phenolic resin and sold under many different trademarks as Catalin, Herolite, Acrolite, Amberlite, Carvacraf, Erinite or Monolite [4, 8]. In addition, laminates and fabrics impregnated with phenolic resin were commercialized as Formica, Kellite, Resinox, Synthane, Resinol or Tufnol (Figure 11d-f) [2, 84].

Over time, colored Bakelite can be altered. It gradually develops a patina that can change the color of the surface; discolored and white versions turn yellow and other times blue colors may change to green [85]. It is one of the most collected plastics of the twentieth century and the conservation treatments as cleaning or volumetric reintegration are still a debate issue due to different criteria as it can be observed among collectors and conservators.

Formaldehyde urea and thiourea

The research to achieve an unbreakable glass led to the first experiments with amino resins combining urea and thiourea with formaldehyde. The aim was to obtain a molding plastic that allowed a wider range of colors in their production [8]. These investigations will culminate around 1920 when the Czechoslovakian Hans John achieved synthesizing a urea resin commercialized in 1924, a material that could stand the heat much better and would not get as dark as the existing phenolic resins. It was initially introduced as a material in the form of viscous solution for coating fabrics and adhesives [86].

After various researches carried out during the mid 20s, in 1928 the company British Cyanides introduced the urea/thiourea formaldehyde resin in powder with great advantages over phenol formaldehyde. In addition, other different resins, the amino formaldehyde resins, were also beginning to be used to create dishes, trays and other objects to mimic alabaster and marble [8, 17].

During the 20s and the 30s, the different formulas obtained were perfected and marketed: Kaurit or Aerolite for adhesives during the 30s and urea formaldehyde with loads of cellulose that was first introduced as Beetle to be later named as Beatl, to avoid the association between insects and kitchen items. Thiourea formaldehyde plastics were also sold under names like Bandalasta, Plaskon, Duraware, Hemocoware or Uralite from English and American companies of the British and American Cyanamid [8, 84].

Although its processing was more expensive, urea formaldehyde plastics had some advantages over phenol-formaldehyde plastics. Besides being possible to get a wider range of colors, these resins were odorless and stable to light.

This type of plastics had, nevertheless, very limited uses because of the damages they tended to suffer from their early beginning. They had very little resistance to heat and humidity and many of the objects made for picnics in the 30s show nowadays a notable discoloration as they were used to serve hot tea [5]. Different accessories like snuff boxes and brushes were made with these plastics but a new and more successful melamine material soon replaced them.

Melamine formaldehyde

During the 30s, melamine formaldehyde is introduced to the market by big companies as American Cyanamid, Ciba or Henkel, that would eventually replace all other ureas for their better resistance to high temperatures and water. Melmac, Formica (Formica Corporation) or Melaware were some of the trade names used to name it [5, 84].

It was first used for impregnating textiles to avoid wrinkles and also as an adhesive, but its real development happened in the form of pieces created by a molding powder mixed with sawdust, cellulosic fibers, pigments or other mineral fillers and loads [8, 11]. It was widely used to make buttons, mainly for military clothing (Figure 12).

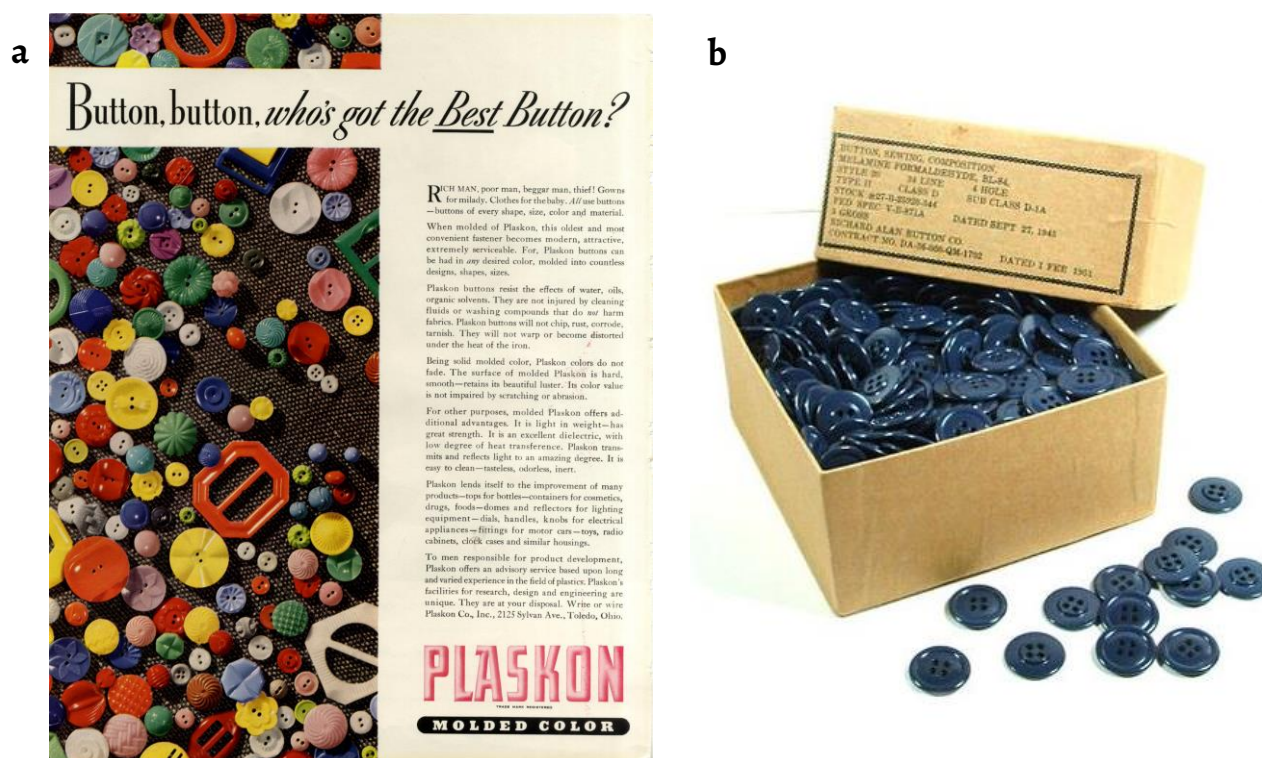


Figure 12. Buttons: a) Plaskon thiourea formaldehyde buttons advertisement, 1940 (<https://bit.ly/2K95BoS>); b) Melamine formaldehyde buttons, 1940s (<https://bit.ly/37p8HxP>).

According to Arthur Penfold (1956), director of the Museum of Applied Arts & Sciences of NSW in Sidney, it had advantage over other traditional button materials such as bone, ivory and horn [87]. It was durable, water resistant, did not burn or melt and could be easily manufactured in many colors. These plastics also have a good resistance to light (although they become matte sometimes), abrasion and the action of solvents and general recommendations are common museum conditions of around 40-60 % RH allowing seasonal fluctuations [63].

Poly methyl methacrylate - PMMA

During the 1930s, polymerized methyl methacrylate was developed, creating an unbreakable alternative to glass [8]. Indeed, the visual qualities of PMMA led to the creation of names like “acrylic glass” because the material had an exceptional optical clarity and transparency [76]. Plexigum and later Plexiglas were among the first trademarks under which the PMMA appeared in the market to introduce the material developed in 1928 by Otto Röhm and Walter Bauer from the German company Röhm & Haas when they were trying to develop a material for safety glasses [42, 88].

One of its most interesting applications was the design of jewelry. The first pieces were born at the hands of some British RAF pilots and war prisoners who carved in their free time recycled pieces of their planes [89]. From the 40s on, jewelry pieces were created using the same method as with phenolic resins obtaining a wide range of colors and designs with motifs of flowers, swans and boats, among many others (Figure 13a-c) [45].



Figure 13. PMMA objects. Plastic jewelry: a) Swan made of Lucite and red Bakelite; b) Green Bakelite and Lucite horse; c) Fish-shaped brooch, Lucite and wood (photo: Leshner, 2005). Bags: d) Wilardy's original advertisement from the 1950s, e) “Stardust” Lucite evening bag, Wilardy Originals, 1950-1960; f) USA Engraved clear Perspex handbag, V & A Museum, London, 2021.

Perspex, another brand name patented in 1934 by Imperial Chemical Industries (ICI), was used to make design fashion objects such as heel shoes [90] during the war. Later, in the 50s, the name Lucite was given by the American company DuPont and it was used for molding square bags lavishly decorated and engraved (Figure 13d-f).

Perspex was also used in sheet or laminated form for performing flat elements such as sequins [70] by fashion designers like Paco Rabanne that had previously experimented with other plastics as acetate cellulose Rhodoid and other laminates in his famous haute couture designs. Several of the garments from his first collection of 1966, *12 Unwearable Dresses in Contemporary Materials*, are conserved today in museums like Philadelphia Museum of Art, the Metropolitan of New York or The Clothing Museum CIPE in Madrid.

Despite its hardness and toughness, the surface of PMMA has poor resistance to scratches and surface abrasion. Such defects tend to be obvious because, once cast or extruded, the material has usually a high surface gloss [76]. Another PMMA's specific degradation is the formation of small cracks and fractures on or below the surface, that can't be reversed [8].

The conservation of transparent acrylic plastics like PMMA entail a big challenge for art and fashion conservators and different researches [91-93] have been carried during the last years to find appropriate treatments directed to this delicate plastics in order to preserve them adequately.

Polyvinyl-chloride – PVC

After the investigations conducted during the nineteenth and in the early twentieth century by companies like B.F Goodrich, Union Carbide or Du Pont, finally, American Waldo L. Semon of Goodrich achieved to develop a method to plasticize PVC by blending it with various additives obtaining a rubbery solid [8]. Plasticized PVC could be achieved in many different types, with specific functional and aesthetic properties depending on the additives introduced during the processing (e.g. plasticizers, stabilizers, lubricants or fillers) [5, 84].

It was initially used for coating fabrics for raincoats, to waterproof shower curtains, watchbands or cables under the name Flamenol [26]. The first PVC moldable plastic was presented and marketed in 1931 as Koroseal and transparent garments and belts were fabricated [94] (Figure 14a).

It was one of the most used plastic materials in artistic production during the twentieth century so it is usual to find it in many contemporary collections. From Barbie dolls or LP discs previously made with shellac to different costume accessories were manufactured with PVC plastic under denominations like Vinylite, the brand name for products made of vinyl resins by Carbide and Carbon Chemicals Corporation and put on the market in the 1930s (Figure 14b) [8, 95]. One of the most interesting functions of PVC was to imitate leather (Leatherette), to make shoes, bags and raincoats during the 60s and 70s [2].

Fashion designers like Pierre Cardin, Andre Courregés, Mary Quant or Stephen Willats (Figure 14c-e) incorporated flexible PVC to their clothing designs during the 60s that are nowadays conserved in important design and fashion museums like the Victoria and Albert Museum in London or the Metropolitan Museum of New York.

PVC is one of the most adaptable synthetic plastics usually conformed by many different additives, especially stabilizers and plasticizers but, unfortunately, is not always stable. It can degrade chemically and physically [5, 84], getting tacky and brittle with time [26] becoming PVC objects' exhibition, handling and storage a challenge for costume and fashion conservators [96].

One of the biggest problems with PVC museum objects is that its plasticizer, typically di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), easily migrates out. Some PVC objects, literally sweat and "weep plasticizer" [71], leaving the plastic vulnerable to cracking. Besides, the destabilization of the structure of PVC objects due to loss of the plasticizer leaves the objects' surfaces wet and sticky making them attractive to dust and grime. This problem can be found in contemporary collections with garments and coats made of PVC imitating leather (Figure 14c-e) [97].

Also stearic acid, which is a common additive used in many plastics as a lubricant to keep

the object from sticking to its mold, tends to migrate out and harden in the case of deteriorate PVC, coating the surface of objects with a white powdery substance [71, 98].



Figure 14. Advertisements of PVC costumes: a) B.F Goodrich Koroseal Raincoats, 1947; b) Vinylite Plastics from Bakelite Corporation for handbags and shoes, 40s; and problems that can occur on the PVC costumes: c) Stephen Willats, “Variable Sheets/Optical Shift” mini dress (1965), dress with zipped panels of PVC presenting a sticky surface because plasticizer migration (photo: V&A Museum, London); e) Detail of a Paco Rabanne’s raincoat from the 70s showing exudation of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) usually used as plasticizer for PVC, Musée Galliera, Paris [97, pp. 304-305]; e) Cleaning process of the weeping plasticizer of a PVC boot (photo: J. Hackett, V&A Museum, London).



Figure 15. Nylon ideas: a) First display of nylon stockings at the 1939 New York World's Fair, Hagley Museum And Archive, Science Photo Library Limited 2022; b) Advertisement from DuPont nylon combs and toothbrushes, Hagley Museum and Archive; c) Salvatore Ferragamo, invisible sandals, 1947, V&A Museum, London.

Polyamide – Nylon

Polyamide, commonly known as Nylon, was the first synthetic fiber introduced by DuPont in the New York Fair in 1939. Besides the popular nylon stockings that revolutionized fashion at the end of the 30s, fabrics, underwear, brush bristles and hair combs were produced with polyamide fibers (Figure 15a-b).

Polyamides also had their development in moldable shaped objects, which have very good result when mixed or reinforced with glass or other fillers [5] and as monofilament that appear in costume collections in jewelry pieces and other accessories like the iconic Salvatore Ferragamo's "invisible sandals" from 1947 [76, 99] (Figure 15c).

Nylon monofilament differs from other polyamide fibers for having a thicker diameter ranging from 0.1 to 1.8 mm. The numerous variations of nylon get different trade names corresponding to their molecular polymeric structure, and each type has different properties (e.g. nylon 6 (Celon, Danamid, Kapron, Nivion Dederon, Enalon, Perlon), nylon 6.6 (Blue C, ICI nylon, Perlon T, Ultron), nylon 6.10 (Decalon, Perfilon, Riplon, Tecron), nylon 7 (Enant, Onanth), nylon 11 (Rilsan, Undekalon), nylon bicomponent (Cancetrece), etc. [76, 100].

Nylon will darken when exposed to light and absorb moisture becoming subject to hydrolysis, especially in the presence of acidic pollutants [101].

Polyurethanes – PUR

Polyurethanes are one of the most versatile polymer groups being obtainable as rigid and flexible foams, fibers, as a coating material and can as well be molded [42]. They were first synthesized in 1937 by German chemist Otto Bayer [7] and began to be commercially available around the 1950s [8, 102].

Throughout his "brief museum history" it has been believed that its application in fashion collections was limited to fabrics made out of polyurethane elastomeric fibres known as Spandex or Lycra [100]. However, they are also present in coatings and in foam linings and interlinings [103] made out of the two chemical versions of PUR, polyurethane ethers and polyurethane esters.

PUR, along with PVC has been widely used to make artificial leather and during the twentieth century, different imitations made with both plastics would gradually enter in the market to replace natural leather in times of scarcity or simply because of their lower price [104].



Figure 16. Artificial leather: a) Naugahyde handbag, created in 1920 using leather fibers and rubber compounds first used for handbags (<https://www.naugahyde.com/about/history.cfm>); b) Corfam shoes designed by Mabel Julianelli (1964-1969), National Museum of American History, Behring Center, Smithsonian Institution (<https://s.si.edu/3Nz8dZy>).

Initially, the first leather substitutes were produced by soaking cotton in resins or waterproofing it with lacquers to be later fabricated in foils or PUR and plastic films. PUR synthetic leather is more flexible and has a higher resistance to extension, abrasion and other damage than PVC, so it was directed to the production of boots, costume accessories, belts or gloves as well as for upholstery for furniture and car seats.

This artificial leather popularly known as “pleather” was sold under names like Pantasote used for upholstery along with Fabrikoid, or Naugahyde [8] (Figure 16). Corfam, for instance, was a rubber based synthetic leather created by DUPont that produced handbags and shoes from 1958 until 1971 [8].

All forms of PUR are susceptible to chemical degradation by oxidation, resulting in discoloration and a loss of mechanical properties [5]. Polyurethane ether foam is more sensitive to oxidation meanwhile polyurethane esters are generally more sensitive to hydrolysis [102]. For instance, deteriorated Polyester polyurethane foam (PUR-ES) has been detected in some laminated dresses from the 60s in the costume collection of the Museum of London [105] showing a severe conservation state, with “brittle and weak foam that is being lost as dust”, typical deterioration signs of polyurethane foams.

Polyester

Natural polyesters are known since 1840s, but the term polyester is used to refer to synthetic polymers derived from petroleum obtainable in sheets or molded, but especially important for the textile industry [8]. The main types that can be found in museums are divided into saturated and unsaturated polyesters. Polyethylene terephthalate (PET), for example, patented in 1941 by Jon Rex Whinfield and James Tennant Dickson, employees of the Calico Printer’s Association of Manchester, is a saturated polyester type obtained by condensation [84].

Polyester and PET plastics had been used in fashion elements such as Lurex yarns. Lurex is the generic name given to imitation metallic threads since its introduction in the early 40s and later popularization in the 60s and was often used in fashion collections of the twentieth century (Figure 17) [106].

It has also been used for the creation of Melinex or Mylar films and the creation of plastic sequins in combination with acetate [107] along with other registered trademarks mainly used to commercialize fabrics like Cronar, Teijin, Teonex, Teton, Dacron or Terylene [84].

Even if polyesters are highly variable they all are generally quite stable to moisture and standard temperatures [8] but they suffer photo-oxidation causing discoloration and yellowing of the material [84].



Figure 17. PET plastics used in fashion: a) Balenciaga's Bolero jacket advertised in 1966 (*L'officiel de la mode* n°537: 118-119); b) Balenciaga, Cristobal, Night Bolero with PET plastic strips and turquoise feathers, Balenciaga-Eisa, 1966, Cristobal Balenciaga Museum; c) Usual twisted "neck" deterioration present in PET strip simulating Lurex.

Other plastics present in costume and fashion collections

Although their presence might be rather punctual, other synthetic plastics should be mentioned and considered when it comes to characterizing contemporary costume collections. Polystyrene, for instance, is a hard and brittle material first commercialized in 1929 in Germany as a clear plastic. By 1933, it was marketed in the US as Victron without great success due to its high cost and limited color range, so it was replaced four years later by a new material called Styron of Dow Chemical (Figure 18). Other trademarks that are still in use today are Styrofoam, Luran, Lustrex, Fome-Cor, Algil, Shalon, Permene, Polyfil or Durastran [8]. It was used to make plastic jewelry, toiletries, decorative boxes and caskets [17, 71].

It is usually resistant to moisture but it yellows and brittles further due to photo-oxidation processes that turn the material stiffer [84].

Also polycarbonate, a plastic introduced around 1953 and marketed in 1959 under the name Makrolon [108] has occasionally been used in jewelry while polypropylene, commercialized around 1957, has been mainly applied in the fabrication of design objects [8] and specially for weaving techniques used in recent jewelry from the last decades [76].

sallyedelsteincollage.com

You have a date with **PLASTICS**

It's a big and important date that America has with plastics. From Main Street to metropolis, Americans are familiar with durable plastic utensils in the kitchen, sparkling plastic jewel boxes in the boudoir. They know that plastics are warm and brilliant and give a welcome friendly touch to daily living. Yet better things in plastics are on the way. More and more these colorful and useful materials will contribute lasting satisfaction to America's life of the future—through new uses for plastics in automobiles and airplanes, tools and appliances, even in furniture-making and home-building. For better plastics, like Styron—developed through Dow's continuing research—are strong and enduring, as well as bright and beautiful. Styron and other plastics produced by Dow promise new luxury, new comfort, new scope—to everyday life and to "dress-up" occasions. They'll be within reach of everybody's pocketbook, too. And that's Dow's aim in striving for better plastics and hundreds of other useful products of chemistry.

STYRON
PLASTICS DIVISION

DOW

CHEMICALS
INDISPENSABLE TO INDUSTRY

Figure 18. Advertisement for Dow Styron, c.1950s, Dow Chemical Historical Collection, CHF Archives.

The first one is physically stable, resistant to moisture and oxidation under ambient conditions but transparent versions can become yellow if impurities were added to the plastic during the fabrication process. Polypropylene on the other side, discolours and becomes brittle due to photo-oxidations and thermal damage [84].

Synthetic rubbers like neoprene (based on polychloroprene) had also interesting applications in clothing and fashion collections during the twentieth century. DuPont marketed it for the first time in 1931 as a cheaper alternative to substitute natural rubber under

the trade name Duprene but the early material had poor colour, a strong smell and was not very stable even if these defects were cured later [109].

Like its predecessor, the natural rubber, it was used to create water-resistant coatings for clothes and coats. Even if neoprene resists degradation more than natural rubber, currently presents considerable problems of deterioration within contemporary costume collections [110-111] as well as happens to most of the plastic materials mentioned along the text.

Considerations on the conservation of plastics

A surprising number of materials, natural based or chemically synthesized, have been used through the history to create fashion accessories and decorative objects that today form part of contemporary costume collections.

The second half of the nineteenth century represented a decisive period in the research and development of plastics and essential discoveries lead to the creation of a completely new range of materials that revolutionized clothing and fashion.

The struggle in order to obtain simulants and lower-budget alternatives to expensive and costly materials historically used in jewelry and dressmaking, and the demand for rubber and waterproof garments increased toward the end of the century thank to improvements such as vulcanization or the creation of artificial plastics like Celluloid. By the twentieth century, most plastic products moved away from natural raw materials to synthetically produced ones.

Relating to their conservation, the research carried in the last years in museums and institutions concerning the care of costume and contemporary fashion, has confirmed the wide presence of the mentioned materials and the number of emerging conservation problems related to them that need to be tackled.

Early detection of plastic components and accessories inside costume collections is the key to define proper conservation needs and treatments, but due to their original function as substitutes of other costly materials, they often camouflage among many other elements and materials within the contemporary "multimedia" clothing [103]. A significant fact is that curators and conservators sometimes are not even aware that plastics might be part of their collections until is too late to stop deterioration processes [112] what, according to contemporary fashion conservators makes them authentic "hidden time bombs" [99].

Back in 2008, Friederike Waentig [8] stated in his extensive investigation over plastics in art, that scientific concern with the restoration and conservation of synthetic materials was still in infancy. While important research results are available nowadays for some polymeric materials and their conservation [5, 84], others have hardly been investigated and, as pointed in the introduction, the behavior and deterioration of plastic materials is not easy to predict nor easy to detect.

Plastics preserved in contemporary costume collections often show problems during exhibition periods and storage. Although it is known that cellulose acetate, cellulose nitrate, PVC, polyurethane and synthetic rubber are currently considered the most problematic plastics [84, 113], museum objects made from polyester and polypropylene are also beginning to show problems [71]. The deterioration of natural rubber is still another of the biggest challenges that appear in particular costume accessories such as shoes' soles [70].

Besides molded plastic accessories and clothing elements, also laminated and coated fabrics imitating leather have been detected in recent designs and works showing deterioration signs and conservation problems [113-115] that need to be addressed immediately.

As it is well known, degradation of plastic materials can be accelerated by exposure to factors like ultraviolet and visible light, heat, humidity, solvents and chemicals or pollutants as well as by other components and additives usually present in their formulation.

Identification of the polymeric structure of these materials is important to understand how these chains may be affected by the mentioned causes [9] in order to make an accurate

interpretation of the degradation processes that plastics may undergo and provide adequate conservation conditions. However, this task is not easy for professionals concerned with conservation of cultural heritage due to the huge variety of materials and formulations existing.

The multiple denominations, trade names and brands available in the market during the nineteenth and twentieth centuries to designate plastics can also become a complication factor that often obscure the actual substance behind different commercial names [8]. These denomination problems may lead to incorrect or imprecise cataloging or the characterization of those materials under generic terms such as “plastic” or synthetic resin [116].

Even though some plastics’ degradation processes should be individually monitored and engaged, most museums and art institutions usually apply general standards directed to fragile organic materials for most of them, keeping a relative humidity of around 50 %, temperature of 18-20 °C and low light levels of around 50 lux [81, 117].

The implementation of low temperature conditions with some plastics or the use of absorbents and adsorbents is also an expanded conservation practice in museums and collections to prevent further degradation due to the presence of pollutants or oxygen [8, 118-120]. In extreme cases, objects can be enclosed in oxygen-impermeable transparent bags composed of Escal, a ceramic-coated plastic film, together with sorbents as silica gel, zeolites or activated carbon in order to create an anoxia type environment to slow down oxidation processes and keep moisture under control [72].

Modern and contemporary costume and fashion collections are characterized by the quantity and complexity of the materials that constitute them, and clearly, plastic elements and objects are part of them. Early detection of these elements in costume collections is essential in order to catalogue and contextualize these works properly and, specially, to provide an adequate environment and conditions for their preservation in the future. As there is not a single conservation and storage strategy that is ideal for every plastic [59], for most of the objects and elements reviewed here, preventive conservation measures and optimum storage currently represents the only chance of survival.

Acknowledgements

Special thanks to: The Cristobal Balenciaga Museum (Gipuzkoa, Spain), MODIP Museum of Design and Plastics (Wallindow, United Kingdom), Reindert Groot from Amsterdam Bakelite Collection, Victoria & Albert Museum Vandaimages data-base and also conservators Sarah Scaturro from the Metropolitan Museum of Art and Joanne Hackett from the Victoria and Albert Museum of London for the permission to reproduce their pictures in the present investigation.

REFERENCES

1. Arbeteta Mira, L. (coord.), *La joyería española en los museos estatales de Felipe II a Alfonso XII*, editorial Nerea, Madrid (1988).
2. Espinoza, F.; Araya, C., ‘Materiales modernos en la colección textil del Museo Histórico Nacional de Chile’, *Revista Conserva* **10** (2006) 55-70.
3. Steele, V., *The corset: a cultural History*, Yale University Press, New Haven & London (2001).
4. Mossman, S., *Early plastics. Perspectives 1850-1950*, Leicester University Press, London (1997).
5. Quye, A.; Williamson, C., *Plastics, collecting and conserving*, NMS Publishing Limited, Edinburgh (1999).
6. Horta Zubiaga, A.; Sánchez Renamayor, C.; Pérez Dorado, A.; Martínez de Olcoz, I. F. de P., *Los plásticos más usados*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, Madrid (2000).
7. Van Oosten, T., ‘The degradation of early synthetic materials incorporated in the accessories of a textile collection: cellulose nitrate, cellulose acetate, galalith, bakelite’, in *International perspectives on textile conservation*, eds. Á. Timar-Balázszy and D. Eastop, ICOM-CC, Amsterdam (1998) 4-7.
8. Waentig, F., *Plastics in art-A study from the conservation point of view*, Michael Imhof Verlag, Petesberg (2008).
9. Morgan, J., *Conservation of plastics, an introduction to their history, manufacture, deterioration, identification and care*, Plastics Historical Society London, London (1991).
10. García Fernández-Villa, S.; San Andrés Moya, M., ‘El plástico como bien de interés cultural (I). Aproximación a la historia y composición de los plásticos de moldeo naturales y artificiales’, *PH Boletín* **40/41** (2002) 87-102, <https://doi.org/10.33349/2002.40.1415>.

11. García Fernández-Villa, S., *Los plásticos en el arte y el diseño hasta 1945*, PhD dissertation, Department of Painting, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (2010), <http://eprints.ucm.es/11670/> (accessed 2022-08-08).
12. Madden, O., 'Balancing ingenuity and responsibility in the age of plastic', in *The Age of Plastic: Ingenuity and Responsibility Proceedings of the 2012 MCI Symposium*, eds. O. Madden, A. E. Charola, K. C. Cobb, P. T. dePriest and R. J. Koestler, *Smithsonian contributions to museum conservation* **7** (2017) 1-17, <https://bit.ly/3idahqd> (accessed 2022-08-08).
13. França de Sá, S.; Marques da Cruz, S.; Callapez, M. E.; Carvalho, V., 'Plastics that made history – the contribution of conservation science for the history of the Portuguese plastics industry', *Conservar Património* **35** (2020) 85-100, <https://doi.org/10.14568/cp2019017>.
14. Tonkin, L., 'Visionary design practices: preserving plastics and designers' intent in collections of modern and contemporary fashion', *Journal of the Institute of Conservation* **40**(2) (2017) 152-167, <https://doi.org/10.1080/19455224.2017.1321561>.
15. Regan, J., 'Women in black: fashioning mourning in the 19th century', [Conference], Metropolitan Museum of New York, New York (2014).
16. Steele, S., 'Back to black', *Gems & Jewellery* **25**(3) (2016) 16-20, <https://bit.ly/38FvoP5> (accessed 2022-08-08).
17. Katz, S., *Classic plastics: from bakelite to high-tech, with a collector's guide*, Thames & Hudson, London (1984).
18. Lambert, S., 'Making the Most of Your Plastics', in *The Collections Trust* (2008), <https://bit.ly/3PlXZLi> (accessed 2022-08-08).
19. Tiley-Nel, S.; Antonites, A. R., *Archaeological worked bone and ivory - a guide to best practice in preservation, research and curation*, University of Pretoria, Pretoria (2015).
20. 'Whalebone and its substitutes', in *La Couturier Parisienne* (2013), <http://www.marquise.de/en/themes/howto/fischbein.shtml> (accessed 2022-08-08).
21. Tisdall, L. P., 'Corset mounting for undressed: the bones of the matter', *V & A Blog* (2017), <https://bit.ly/3FXFEjq> (accessed 2022-08-08).
22. 'The celluloid corset clasps. Side and dress steels, warranted not to rust', *Chinese immigration in the late 19th century*, Doener and Gunther's, New York (c. 1885), <https://digital.librarycompany.org/islandora/object/digitool%3A106881> (accessed 2022-08-08).
23. Krieg, T.; Mazzon, C.; Gómez-Sánchez, E., 'Material analysis and a visual guide of degradation phenomena in historical synthetic polymers as tools to follow ageing processes in industrial heritage collections', *Polymers* **14**(1) (2022) 121, <https://doi.org/10.3390/polym14010121>.
24. Hainschwang, T.; Leggio, L., 'The characterization of tortoise shell and its imitations', *Gems & Gemology* **42**(1) (2006) 36–52, <https://bit.ly/309TbLM> (accessed 2021-11-08).
25. 'On horn and tortoiseshell', *Transactions of the Society, Instituted at London, for the Encouragement of Arts, Manufactures, and Commerce* **52**(2) (1838) 334-349, <http://www.jstor.org/stable/41326836> (accessed 2022-08-08).
26. Meikle, J. L., *American plastic; a cultural history*, Rutgers University Press, New Brunswick (1997).
27. Florian, M., *Protein facts, fibrous proteins in cultural and natural history artifacts*, Archetype Publications, London (2007).
28. 'The care and handling of ivory', in *Smithsonian Museum Conservation Institute*, <https://s.si.edu/3EtFXRJ> (accessed 2022-08-08).
29. Fenn, J., 'The care of horn and tortoise shell', *Ontario Museum Quarterly* **12**(1) (1983) 26-28.
30. 'Antique tortoiseshell, ivory, bone & mother of pearl: cleaning and storing', in *Conservation Housekeeping* (2022), <https://bit.ly/3FTV6QX> (accessed 2022-05-28).
31. Karen, V., 'Conservation of a tortoiseshell book cover', *Victoria & Albert Museum Conservation Journal* **50** (2005) 48-50, <https://bit.ly/314ki5a> (accessed 2022-08-08).
32. Trusheim, L., 'Balancing ethics and restoration in the conservation treatment of an 18th century sewing box with tortoiseshell veneer', in *AIC Objects Specialty Group Postprints*, eds. S. Balachandran, C. Del Re and C. Riccardelli, The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, Washington DC (2011) 127-147, <https://bit.ly/3swopC7> (accessed 2022-08-08).
33. Morris, R.; Keneghan, B., 'Cold war fashion. Two case studied from an exhibition at the Victoria & Albert Museum Materials', in *The Conservation of modern material in applied arts and design*, ed. T. Bechthold, Die Neue Sammlung, The International Design Museum Munich, Munich (2009) 110-117, <https://bit.ly/3UdPowW> (accessed 2022-10-28).
34. Gim, J.; Schnitzer, N.; Otter, L. M.; Cui, Y.; Motreuil, S.; Marin, F.; Wolf, S. E.; Jacob, D. E.; Misra, A.; Hovden, R., 'Nanoscale deformation mechanics reveal resilience in nacre of *Pinna nobilis* shell', *Nature Communications* **10** (2019) 4822, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12743-z>.
35. Currey, J. D., 'Mechanical properties of mother of pearl in tension', *Proceedings of the Royal Society of London B* **196**(1125) (1977) 443-463, <https://doi.org/10.1098/rspb.1977.0050>.
36. 'Imitation mother of pearl buttons', in *MODIP-Museum of Design in Plastics*, <https://www.modip.ac.uk/artefact/aibdc-008323> (accessed 2022-10-28).
37. 'Conservation and care of collections: a practical guide to the conservation and care of collections', in *Western Australian Museum*, eds. I. Godfrey and D. Gilroy (1st ed., 1998) (2017), <https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/1> (accessed 2022-10-28).
38. Robertson, P., *The shell book of firsts*, Ebury Press, London (1974).
39. 'Thomas Hornby Birley', in *Eccles Old Road*, <https://bit.ly/2N1hf6l> (accessed 2022-08-08).
40. Rexford, N., *Women's shoes in America, 1795-1930*, Kent State University Press, Kent (2000).
41. Connors, S. A.; *Chemical and physical characterization of the degradation of vulcanized natural rubber in the museum environment*, Master Dissertation, Department of Conservation, Queens University, Kingston Ontario, (1998), <https://bit.ly/3M4i1vn> (accessed 2022-10-08).
42. Brydson, J. A., *Plastics materials*, 7th ed., Butterworth and Heinemann, United Kingdom (2002).
43. Katz, S., *Early plastics*, Bloomsbury Publishing PLC, London (1994).

44. Thickett, D.; Cruickshank, P.; Ward, C., 'The conservation of amber', *Studies in Conservation* **40**(4) (1995) 217-226, <https://doi.org/10.1179/sic.1995.40.4.217>.
45. Leshner, L., *Collecting art plastic jewelry*, KP Books, USA (2005).
46. Mossman, S., 'The technology of early plastics', in *The plastics age: from modernity to post-Modernity*, ed. P. Sparke, Victoria and Albert Museum, London (1990) 17-24.
47. Paulocik, C.; Williams, R. C., 'The chemical composition and conservation of late 19th and early 20th century sequins', *Journal of the Canadian Association for Conservation* **35** (2010) 46-61, [Vol35_doc5.pdf\(cac-accr.ca\)](https://doi.org/10.1080/00393630.2015.1109294) (accessed 2022-08-08).
48. Loewen, J., *Millinery*, Macmillan, New York (1925).
49. *Plastics and design*, ed. Hufnagl, F., Exhibition Catalogue, Neue Sammlung (Design Museum), Munich, Arnoldsche Verlagsanstalt, Stuttgart (1997).
50. Toller, J., *Papier-mâché in Great Britain and America*, G. Bell & Sons, Ltd, London, (1962).
51. 'Prestoff', in *Leather encyclopedia*, <https://prorestorers.co.uk/knowledgebase/presstoff/> (accessed 2022-10-28).
52. Carrlee, E., 'Shipwreck doll', in *Ellen Carrlee conservation blog* (2013), <https://ellencarrlee.wordpress.com/tag/gutta-percha/> (accessed 2022-08-08).
53. Fulcher, K., 'An investigation of the use of cellulose-based materials to gap-fill wooden objects', *Studies in Conservation* **62**(4) (2017) 210-222, <https://doi.org/10.1080/00393630.2015.1109294>.
54. Levitt, S., 'Manchester Mackintoshes: A history of the rubberized garment trade in Manchester', *Textile History* **17**(1) (1986) 51-69, <https://doi.org/10.1179/004049686793700980>.
55. Charpy, M., 'Craze and shame: rubber clothing during the nineteenth century in Paris, London, and New York city', *Fashion Theory* **16**(4) (2012) 433-460, <https://doi.org/10.2752/175174112X13427906403769>.
56. Shephard, A. J., 'L. Candee & Co. and the U.S. rubber shoe industry', *Clothing and Textiles Research Journal* **38**(4) (2020) 255-269, <https://doi.org/10.1177/0887302X20918018>.
57. Armstrong, S., 'The trench coat's forgotten WW1 roots', in *BBC News* (2014), <https://bbc.in/3qifHTG> (accessed 2022-08-08).
58. Porcel Ziarsolo, A.; Artetxe Sánchez, E., 'Una introducción a los textiles artificiales en las colecciones de indumentaria del siglo XX y su conservación', *Ge-conservación* **9** (2016) 31-44, <https://doi.org/10.37558/gec.v9i0.276>.
59. Seymour, R. B.; Carraher, C. E., *Introducción a la química de los polímeros*, Editorial Reverté S.A., Barcelona (2002).
60. Mossman, S., 'Plastics in the science museum, London: a curator's view', in *Saving the twentieth century: the conservation of Modern materials*, ed. D.W. Grattan, Canadian Conservation Institute, Ottawa (1993) 25-53.
61. Morgan, J., 'A survey of plastics in historical collections', in *Plastics historical society and the conservation unit of the museums & galleries commission* (1994), <https://bit.ly/33xcy9C> (accessed 2022-08-08).
62. Williamson, C., 'Landmarks in the history of plastics', in *Plastics: collecting and conserving*, eds. A. Quye and C. Williamson, NMS Publishing Limited, (1999) 2-22.
63. 'Plastic identification tool – plastics, casein formaldehyde (CF)', in *Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE)*, <https://plastic-en.tool.cultureelerfgoed.nl/plastics/detail/CF> (accessed 2022-08-08).
64. 'Casein', in *CAMEO-Materials Database*, http://cameo.mfa.org/wiki/Casein_plastic (accessed 2022-08-08).
65. Kaner, J.; Ioras, F.; Ratnasingam, J., 'Performance and stability of historic casein formaldehyde', *e-plastory* **2** (2017) 1-18, <https://bit.ly/35E9vNS> (accessed 2022-08-08).
66. Friedel, R., 'The first plastic', in *The plastics age: from modernity to post-modernity*, ed. P. Sparke, Victoria and Albert Museum, London (1990) 25-31.
67. Haldane, E. A., 'Surreal semi-synthetics', *Victoria & Albert Museum Conservation Journal* **55** (2007) 14-18, <https://bit.ly/3mVuToD> (accessed 2022-08-08).
68. 'Xylonite collar', in *MODIP-Museum of Design in Plastics*, <https://bit.ly/3qi8L94> (accessed 2022-08-08).
69. Meikle, J. L., 'Presenting a new material: from imitation to innovation with fabrikoid', *The Journal of the Decorative Arts Society 1850 - the Present* **19** (1995) 8-15, www.jstor.org/stable/41805870 (accessed 2022-08-08).
70. Prichard, S.; Smith, S., 'Taking a risk: collecting for the future', in *Plastics, looking the future and learning from the past*, ed. B. Keneghan and L. Egan, Archetype Publications and Victoria & Albert Museum, London (2008) 132-137.
71. Everts, S., 'Preserving plastic art', *Chemical & Engineering News* **89**(29) (2011) 29-31, <https://bit.ly/3bDQosQ> (accessed 2022-08-08).
72. Shashoua, Y., 'A safe place. Storage strategies for plastics', *The GCI Newsletter* **29**(1) (2014) 13-15, <https://bit.ly/3e7edaX> (accessed 2022-08-08).
73. Lunau, M., 'Plastic wrapping: do's and don'ts in storage', in *Western Museums Association* (2015), <https://westmuse.org/articles/plastic-wrapping> (accessed 2022-08-08).
74. Berkson, J., *Carry me! 1950's Lucite handbags: an American fashion*, ACC Editions, Suffolk (2009).
75. Société des usines chimiques Rhône-Poulenc, *Le Rhodoid et les matières plastiques à base d'acétate de cellulose: Rhodialite, Rhodialine, Rhodax*, Impr. R. Duperche, Paris (1930), <http://cnum.cnam.fr/redir?M12206> (accessed 2022-08-08).
76. Rogerson, C., *Preserving jewellery created from plastics and rubber: application of materials and interpretation of objects*, PhD dissertation, School of Humanities, The Royal College of Art of London, London (2009).
77. 'Preservation of plastics. Cellulose esters (cellulose nitrate and cellulose acetate)', in *The Getty Conservation Institute* (2017), <https://bit.ly/3EnWSW5> (accessed 2022-08-08).
78. Elsässer, C.; Micheluz, A.; Pamplona, M.; Kavda, S.; Montag, P., 'Selection of thermal, spectroscopic, spectrometric, and chromatographic methods for characterizing historical celluloid', *Journal of Applied Polymer Science* **138**(21) (2021) 50477, <https://doi.org/10.1002/app.50477>.
79. Selwitz, C., *Cellulose nitrate in conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (1988).

80. Sutherland, K.; Schwarzingler, C.; Price, B. A., 'The application of pyrolysis gas chromatography mass spectrometry for the identification of degraded early plastics in a sculpture by Naum Gabo', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **94** (2012) 202-208, <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.12.016>.
81. Mazurek, J.; Laganà, A.; Dion, V.; Etyemez, S.; Carta, C.; Schilling, M. R., 'Investigation of cellulose nitrate and cellulose acetate plastics in museum collections using ion chromatography and size exclusion chromatography', *Journal of Cultural Heritage* **35** (2019) 263-270, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.05.011>.
82. Tolkien, T.; Wilkinson, H., *Collector's guide to costume jewelry: Key Styles and how to recognize them*, Firefly Books Ltd, Willowdale, ON, (1997).
83. Baekeland, L. H., 'The synthesis, constitution and uses of bakelite', *The Journal of Industrial and Engineering Chemistry* **1**(3) (1909) 149-161.
84. Shashoua, Y., *Conservation of plastics. Materials science, degradation and preservation*, Butterworth-Heinemann, Oxford (2008).
85. Smith, S. S., 'Time crumbles plastic artifacts: museums fighting to conserve history', in *Plastic News* (1997), <https://bit.ly/3qwNOJA> (accessed 2022-08-08).
86. Kaufman, M., *The first century of plastics: celluloid and its sequel*, The Plastics and Rubber Institute, London (1963).
87. Rowling, R., 'Melamine buttons', in *PowerHouse Collection* (2008), <https://collection.maas.museum/object/240662> (accessed 2022-10-25).
88. 'History- the plexiglass name', in *PLEXIGLAS, History - PLEXIGLAS®* (accessed 2022-10-25).
89. Bennet, B., 'Perspex jewellery', *Plastiquarian* **15** (winter) (1995-1996), 26.
90. Lupano, M.; Vaccari, A. (eds.), *Fashion at the time of fascism: Italian modernist lifestyle, 1922-1943*, Damiani, Bologna (2009).
91. 'Preservation of plastics. Repair studies', in *The Getty Conservation Institute* (2017), <https://bit.ly/3psaviv> (accessed 2022-08-08).
92. Laganà, A.; David, M.; Dautre, M.; Groot, S. de; van Keulen, H.; Madden, O.; Schilling, M.; van Bommel, M., 'Reproducing reality. Recreating bonding defects observed in transparent poly(methyl methacrylate) museum objects and assessing defect formation', *Journal of Cultural Heritage* **48** (2021) 254-268, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.11.002>.
93. Kavda, S.; Golfomitsou, S.; Richardson, E., 'Effects of selected solvents on PMMA after prolonged exposure: unilateral NMR and ATR-FTIR investigations', *Heritage Science* **11** (2023) 63, <https://doi.org/10.1186/s40494-023-00881-z>.
94. Yarsley, V. W.; Couzenz, E. G., 'Plastics and the future', in *The plastics age: from modernity to post-modernity*, ed. P. Sparke, Victoria and Albert Museum, London (1990) 55-60.
95. Penfold, A., *Reports on plastics investigation, 1945 in the United States of America, Canada and the United Kingdom*, Sydney Technological Museum Memorandum, Sydney, (1945).
96. Tonkin, L., 'Fashioning the future of poly (vinyl chloride). A preliminary investigation into the effects of cool temperatures on PVC present in modern and contemporary fashion in museum collections', in *Future Talks 017: The silver edition. Visions. Innovations in technology and conservation of the modern*, The Design Museum, Munich (2019) 68-75.
97. Lavédrine, B.; Fournier, A.; Martin, G., *Preservation of plastic artefacts in museum collections*, Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris (2012).
98. Shashoua, Y., *Inhibiting the deterioration of plasticized poly (vinyl chloride): a museum perspective*, PhD dissertation, Department of Conservation, Danish Polymer Centre & The Technical University of Denmark, Lyngby (2001), <https://bit.ly/39xxa3K> (accessed 2022-08-08).
99. Jennifer, N., 'How to rescue fashion before it self-destructs', *Conservation Lab, VICE* (2017), <https://bit.ly/3sq6ydO> (accessed 2022-08-08).
100. The Textile Institute, *Identification of textile materials*, 7th ed., The Textile Institute, Manchester (1st ed. 1951) (1985).
101. Blank, S., 'An introduction to plastics and rubbers in collections', *Studies in Conservation* **35** (1990) 53-63, <http://dx.doi.org/10.1179/sic.1990.35.2.53>.
102. Van Oosten, T., *PUR facts. Conservation of polyurethane foam in art and design*, Amsterdam University Press, Amsterdam (2011).
103. Kerr, N.; Batcheller, J., 'Degradation of polyurethanes in 20th century museum textiles', in *Saving the twentieth century: the conservation of modern materials*, ed. D.W. Grattan, Canadian Conservation Institute, Ottawa (1993) 189-206.
104. Kanigel, R., *Faux real: genuine leather and 200 years of inspired fakes*, Joseph Henry Press, Washington DC (2007).
105. Lovett, D.; Eastop, D., 'The degradation of polyester polyurethane: preliminary study of 1960s foam-laminated dresses', in *Modern art, new museums*, ed. A. Roy and P. Smith, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London (2004) 100-104.
106. O' Hara Callan, G., *Diccionario de la moda y los diseñadores*, Ediciones Destino, Barcelona (1999).
107. Spivack, E., 'A history of sequins from King Tut to the King of Pop', in *Smithsonianmag* (2012), <https://bit.ly/37GHgQp> (accessed 2022-08-08).
108. Ekström, G., 'Ett glaskart alternativ-Polykarbonat', *Plastforum Scandanavia* **6** (1985) 94.
109. 'Neoprene (Polychloroprene)', in *PHS Plastics Historical Society*, http://plastiquarian.com/?page_id=14244 (accessed 2022-10-28).
110. Shephard, A. J., 'Waterproof dress: patents as evidence of design and function from 1880 through 1895', *Clothing and Textiles Research Journal* **30** (2012) 183-199, <https://doi.org/10.1177/0887302X12452910>.
111. Stoughton Harris, C., 'Treatment of 20th-century rubberized multimedia costume: conservation of a Mary Quant raincoat (ca. 1967)', in *Saving the twentieth century: the conservation of modern materials*, ed. D.W. Grattan, Canadian Conservation Institute, Ottawa (1993) 213-222.
112. Keneghan, B., 'Plastics? Not in my collection', *Conservation Journal* **21** (1996) 4-6, <https://bit.ly/3nTxWgy> (accessed 2022-08-08).
113. Keneghan, B., 'A survey of synthetic plastic and rubber objects in the collections of the Victoria and Albert Museum', *Museum management curatorship* **19**(3) (2001) 19-321, <https://doi.org/10.1080/09647770101001903>.
114. Cosgrove, B., 'Modern materials in fashion collections: a conservation issue for the National Gallery of Victoria', in *Textile Symposium*, Australian Institute for the Conservation of Cultural Materials, Moonah (2006) 55-61, <https://bit.ly/2NvVyeY> (accessed 2022-08-08).

115. França de Sá, S.; Verkens, K.; Rizzo, A.; Petersen, G.; Scaturro, S.; Correia, I.; Carita, M., 'Synthetic coatings in fashion collections: identification and preservation issues', in *Handbook of Museum Textiles*, Vol. 2, eds. S. Jose, S. Thomas, P. Pandit and R. Pandey, John Wiley & Sons, New Jersey(2022) 319-344.
116. Fernández-Villa, S. G.; San Andrés, M.; De la Roja, J. M., 'Conservar el diseño industrial: problemas prácticos en la identificación de piezas de plástico', in *Conservación de Arte Contemporáneo 11ª Jornada*, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid (2010) 331-358, <https://bit.ly/38uBO25> (accessed 2022-08-08).
117. 'Plastics identification toll – About project Plastics', in *Cultural Heritage Agency of the Netherlands* (2019), <https://bit.ly/3stGEIy> (accessed 2022-08-08).
118. Fenn, J.; Williams, R.S., 'Caring for plastics and rubbers', in *Preventive conservation guidelines for collections - Canadian Conservation Institute*, bit.ly/42cmgdP (accessed 2023-05-06).
119. 'Innovative packaging solutions for storage and conservation of 20th century cultural heritage of artefacts based on cellulose derivative', in *NEMOSINE project*, <https://nemosineproject.eu> (accessed 2023-05-06).
120. Shashoua, Y.; Schilling, M.; Mazurek, J., 'The effectiveness of conservation adsorbents at inhibiting degradation of cellulose acetate', in *17th Triennial Conference ICOM-CC - Modern Materials and Contemporary Art*, International Council of Museums, Paris (2014), 1010.

RECEIVED: 2022.8.16

REVISED: 2022.9.6

ACCEPTED: 2023.4.3

ONLINE: 2023.7.8



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>.

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>

