



CONSERVAR PATRIMÓNIO

ARP · Associação Profissional
de Conservadores-Restauradores
de Portugal
revista.arp.org.pt

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

Quadrimestral
Triannual
Reg. 127342

Maio
May
2020

34

II Colóquio Investigações em Conservação do Património
II Colloquium Investigations in Heritage Conservation

Fotografia da capa Cover photograph

Maria Eduarda Araújo, Oleksander Pavlyshyn, Alice Nogueira Alves

Identificação do tipo de tinta, acrílica ou vinílica, em obras de dois pintores contemporâneos, Manuel Vilarinho e Pedro Cabrita Reis, por ATR-FT, pp. 109-115

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>

ESTATUTO EDITORIAL

1. A Conservar Património é uma publicação de revista online quadrimestral sem fins lucrativos, com estatuto editorial constante no n.º1, artº 17.º da Lei 2/99 de 13 de Janeiro.
2. A Conservar Património é propriedade da ARP – Associação Profissional de Conservadores-restauradores de Portugal.
3. A Conservar Património é dirigida por um diretor com a colaboração de diretores-adjuntos, os quais, em conjunto, formam a direção da Revista.
4. A Conservar Património é independente do poder político, ideológico, económico ou religioso.
5. A Conservar Património pauta-se por critérios de isenção, imparcialidade, seriedade, rigor, honestidade intelectual e criatividade editorial, seguindo um compromisso de assegurar o respeito pelos princípios deontológicos e pela ética profissional.
6. A Conservar Património é uma revista de natureza técnico-científica sobre Conservação e Restauro de Bens Culturais, colaborando com outras áreas transversais das Artes, Humanidades e Ciências. Pretende proporcionar um espaço aos conservadores-restauradores para a divulgação regular dos seus estudos e atividades.
7. A Conservar Património visa:
 - Constituir um repertório de informação técnica e de conteúdos especializados, numa área em que a evolução tecnológica é constante;
 - Consagrar na imprensa um fórum potenciando a comunicação entre os vários intervenientes do meio empresarial, institucional e académico ligados à atividade;
 - Dar destaque a conteúdos pedagógicos, dirigidos ao público em geral, tendo em vista incrementar a sensibilização para os Bens Patrimoniais;
 - Promover as atividades do sector que esta representa, promover o desenvolvimento da Conservação e Restauro e da profissão de conservador-restaurador e, de uma forma geral, contribuir para a defesa e a valorização do Património Cultural.

Lisboa, 15 de Julho de 2019

Apresentação Foreword

- 8 **ANA BAILÃO**
II Colóquio “Investigações em Conservação do Património”
II Colloquium “Investigations in Heritage Conservation”

Artigos Articles

- 10 **DANIEL MORALES MARTÍN, ALICIA SÁNCHEZ ORTIZ**
Estudio de tejidos alternativos al Tetex TR para uso como material de refuerzo en la restauración de soportes de tela pintados
Estudo de tecidos alternativos ao Tetex TR para uso como material de reforço no restauro de suportes de tela pintados: primeiros resultados
Study on alternative textiles to Tetex TR for use as reinforcement material in the restoration of paintings on canvas support: first results
- 21 **ELISA CARMONA VAILLARD**
Sacrificial layers: an alternative for the conservation of the lime stuccos from Templo Mayor’s Structure B in Mexico City
Camadas sacrificiais: uma alternativa para a conservação dos estuques de cal da Estrutura B do Templo Mayor na Cidade do México
- 35 **ALBA FUENTES-PORTO, OVIDIA SOTO-MARTÍN, JORGE MARTIN-GUTIERREZ**
Análisis de imágenes digitales con DStretch como soporte a la restauración virtual de una pintura mural histórica en San Cristóbal de la Laguna
Análise de imagens digitais com DStretch como suporte do restauro virtual de uma pintura mural histórica em San Cristobal de La Laguna
Analysis of digital images with DStretch as a support for the virtual restoration of an historical mural painting in San Cristóbal de La Laguna
- 50 **JOÃO LINHARES, LILIANA CARDEIRA, ANA BAILÃO, RUBEN PASTILHA, SÉRGIO NASCIMENTO**
Chromatic changes in paintings of Adriano de Sousa Lopes after the removal of aged varnish
Variações cromáticas em pinturas de Adriano de Sousa Lopes após a remoção de verniz oxidado
- 65 **CARLA MACHADO, ANDREIA MACHADO, TERESA PALOMAR, LUÍS CERQUEIRA ALVES, MÁRCIA VILARIGUES**
Debitus grisailles for stained-glass conservation: an analytical study
As grisalhas Debitus para conservação de vitral: um estudo analítico
- 73 **VANESSA ANTUNES, VITOR SERRÃO, ANTÓNIO CANDEIAS, JOSÉ MIRÃO, SARA VALADAS, MARIA LUÍSA CARVALHO**
An Artist’s Sketchbook: the former altarpiece of Goa Cathedral (India) attributed to the painter Garcia Fernandes – iconographic and stylistic influences and underdrawing study
O caderno de esboços de um artista: o antigo retábulo da Sé de Goa (India) atribuído ao pintor Garcia Fernandes – influências iconográficas, estilísticas e estudo do desenho subjacente

- 88 **ANA SOFIA NEVES, ANA BAILÃO, FREDERICO HENRIQUES, ANDREIA FERREIRA**
Conservação de medalhas contemporâneas: soluções de acondicionamento
Conservation of contemporary medals: packaging solutions
-

Notas Notes

- 101 **PAULA PÉREZ BENITO, JOSÉ LUIS REGIDOR ROS, PILAR ROIG PICAZO**
Sistema emulsionado sin tensoactivos como alternativa al uso de un solvent gel
Sistema emulsionado sem tensioactivos como alternativa ao uso de um gel de solvente
Emulsion system without surfactant as an alternativeto the use of a solvent gel
- 109 **MARIA EDUARDA ARAÚJO, OLEKSANDER PAVLYSHYN, ALICE NOGUEIRA ALVES**
Identificação do tipo de tinta, acrílica ou vinílica, em obras de dois pintores contemporâneos, Manuel Vilarinho e Pedro Cabrita Reis, por ATR-FTIR
Identification of the type of paint, acrylic or vinyl, in works of two contemporary painters, Manuel Vilarinho and Pedro Cabrita Reis, by ATR-FTIR
- 116 **LUÍS FILIPE RAPOSO PEREIRA**
Reflexão crítica sobre a implementação de planos de conservação preventiva em contexto institucional
Critical reflection on the implementation of preventive conservation plans in institutions
-

Intervenção Intervention

- 122 **LUCIANA BARROS, ANTÓNIO JOÃO CRUZ, LEONOR LOUREIRO**
Intervenção de conservação dum bordado com missangas em papel perfurado: problemas e soluções
Conservation intervention on an embroidery with beads on perforated cardboard: problems and solutions
- 134 **NUNO PEREIRA, MARCO ROCHA, MANUEL ROSA, FERNANDO COSTA**
Remoção de óxidos de ferro de uma fonte ornamental quinhentista pertencente à Quinta da Cardiga (Torres Novas, Portugal)
Removal of iron oxides from a sixteenth century ornamental fountain belonging to Quinta da Cardiga (Torres Novas, Portugal)
- 143 **JOANA REBORDÃO AMARAL**
Pensar dentro da caixa: avaliação da eficácia de embalagens em polipropileno para acondicionamento de bens culturais
Thinking inside the box: evaluation of polypropylene boxes for the storage of museum objects
- 155 **ANDRÉ FILIPE DE NUNES FERNANDES**
Model 1859 Portuguese army clothes backpack. Historical note, conservation and restoration treatment
Mochila de roupa do exército português, modelo de 1859. Apointamento histórico e intervenção de conservação e restauro

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

Contribuinte 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>

Director *Director*

ELIN FIGUEIREDO

Directores-adjuntos *Co-directors*

ANA CLARO

ANA ZÉLIA MILLER

SÍLVIA O. SEQUEIRA

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Assistente editorial *Editorial assistant*

Salima Rehemtula

Projeto gráfico *Journal layout*

Joana & Mariana

Paginação *Page design*

Fernanda Carvalho

Sílvia O. Sequeira

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

Editores-chefe *Editors-in-chief*

ELIN FIGUEIREDO

Investigadora, Centro de Investigação de Materiais,
CENIMAT/i3N, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Investigador, Institute for Sustainability and Innovation in Structural
Engineering (ISISE), University of Minho, Portugal.
Professor Auxiliar Convidado, University of Coimbra, Portugal

Editores associados *Associate editors*

ANA CLARO

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

ANA ZÉLIA MILLER

Investigadora Auxiliar, Laboratório HERCULES,
Universidade de Évora, Portugal

SÍLVIA O. SEQUEIRA

Professora Adjunta Convidada, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal
Investigadora, VICARTE, FCT – Universidade NOVA de Lisboa, Portugal

Comissão de redacção *Copy editing board*

GUILHERME PINHEIRO POZZER

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

ILENIA D'ANGELI

Investigador, Italian Institute of Speleology, Bologna, Itália

JOÃO LUÍS ANTUNES

Químico, Portugal

JOSÉ CARLOS DOMINGUES

Investigador, Universidade de Coimbra, Portugal

LAURA MOURA

Investigadora, Museu Nacional de História Natural e da Ciência,
Universidade de Lisboa, 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

TERESA ALMEIDA

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

THIAGO SEVILHANO PUGLIERI

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

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

Conselho editorial *Editorial board*

CESÁREO SAIZ-JIMENEZ

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

Os trabalhos publicados no presente volume usufruíram da contribuição da anterior equipa de direcção
The works published in the current issue benefit from the contribution of the previous team of editors

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/publiseringskanaler/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>

II Colóquio “Investigações em Conservação do Património”

ANA BAILÃO

Comissão Organizadora do Colóquio
Colloquium Organizing Committee

Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e de Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Largo da Academia Nacional de Belas-Artes, 1249-058 Lisboa, Portugal

Universidade Católica Portuguesa, CITAR – Centro de Investigação em Ciências e Tecnologias das Artes, Escola das Artes, Rua Diogo Botelho, 1327, 4169-005 Porto, Portugal

II Colloquium "Investigations in Heritage Conservation"

Em setembro de 2018 teve lugar nos dias 27, 28 e 29 o II Colóquio "Investigações em Conservação do Património". Resultou da parceria entre a Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa e o Museu da Farmácia. Foi igualmente uma iniciativa de um conjunto de investigadores das unidades de investigação do CIEBA (FBAUL), do CITAR (UCP/Escola das Artes), do Centro de Física (UM) e do Consórcio Heritas.

À semelhança do I Colóquio [1], realizado em setembro de 2016, pretendia-se dar a conhecer, através de um ambiente multidisciplinar e transversal às várias áreas do património, as investigações em conservação de bens culturais concretizadas em mestrados, doutoramentos e pós-doutoramentos, embora se tenha estendido a todos os profissionais que trabalham para a conservação do património.

No evento, para além dos critérios de intervenção e salvaguarda, do estudo material e das propostas de metodologias de intervenção em conservação e restauro, foi também enfatizada a inovação tecnológica através de comunicações de investigadores portugueses e estrangeiros.

O colóquio de três dias foi adicionalmente enriquecido por exposições de materiais e equipamentos para a conservação e restauro, apresentando-se algumas soluções de tecnologias ao serviço do património.

A presente revista apresenta algumas das comunicações apresentadas em setembro de 2018, 7 na secção de artigos, 4 na secção de intervenções e 3 na secção de notas, perfazendo no total 14 publicações. Os artigos reunidos neste número refletem por isso algumas das temáticas abordadas e discutidas, seja por estudantes, seja por profissionais portugueses e espanhóis.

Antes de finalizar, gostaria de deixar aqui um agradecimento, em nome da Comissão Organizadora, a todos os profissionais e estudantes por terem submetido os seus trabalhos ao II Colóquio "Investigações em Conservação do Património", bem como aos membros da Comissão Científica, da Comissão Técnica e voluntários, o trabalho e o empenho na concretização do evento. Gostaria ainda de agradecer o apoio dos funcionários da FBAUL e do Museu da Farmácia.

Referências

1. Bailão, A.; Pereira, F. A. B., 'I Colóquio "Investigações em Conservação do Património"', *Conservar Património* 27 (2018) 11-12, <https://doi.org/10.14568/cp27fm2>.

On the 27, 28 and 29 September 2018 the II Colloquium "Investigations in Heritage Conservation" took place. It resulted from the partnership between the Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa (Faculty of Fine Arts of the University of Lisbon) and the Museu da Farmácia (Pharmacy Museum). It was also an initiative of a group of researchers from the research units of CIEBA (FBAUL), CITAR (UCP/Escola das Artes), Centro de Física (UM) and the Consórcio Heritas.

Like the I Colloquium [1], held in September 2016, it was intended to disseminate, through a multidisciplinary environment and transversal to the various areas of heritage, the investigation in cultural heritage conservation performed at masters, doctoral and post-doctoral works, although the colloquium was extended to all professionals working with heritage conservation.

At the event, in addition to the intervention and safeguarding criteria, material studies and proposals for conservation and restoration methodologies and technological innovation was also emphasized through communications of Portuguese and foreign researchers.

The three-day colloquium was additionally enriched by exhibition of materials and equipment for conservation and restoration works, presenting technological solutions at the service of the heritage community.

This journal presents some of the communications presented in September 2018, namely 7 in the articles section, 4 in the interventions section and 3 in the notes section, totaling 14 publications. The articles gathered in this number reflect some of the themes addressed and discussed, either by students or by Portuguese and Spanish professionals.

Finally, I would like to thank, on behalf of the Organizing Committee, all professionals and students for submitting their work to the II Colloquium "Investigations in Heritage Conservation", as well as to the members of the Scientific Committee, the Technical Committee and volunteers, the work and commitment for the concretization of the event. I would also like to thank the employees of FBAUL and of the Museu da Farmácia.

References

1. Bailão, A.; Pereira, F. A. B., 'I Colóquio "Investigações em Conservação do Património"', *Conservar Património* 27 (2018) 11-12, <https://doi.org/10.14568/cp27fm2>.



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>.

Estudio de tejidos alternativos al Tetex TR para uso como material de refuerzo en la restauración de soportes de tela pintados: primeros resultados

DANIEL MORALES
MARTÍN*
ALICIA SÁNCHEZ ORTIZ

Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Pintura y Conservación-Restauración, Calle Pintor el Greco 2, 28040 Madrid, España.

* damorao3@ucm.es
alician@ucm.es

Estudo de tecidos alternativos ao Tetex TR para uso como material de reforço no restauro de suportes de tela pintados: primeiros resultados

Study on alternative textiles to Tetex TR for use as reinforcement material in the restoration of paintings on canvas support: first results

Resumen

El presente trabajo recoge los resultados obtenidos en un primer análisis experimental planteado con la finalidad de encontrar un tejido de refuerzo con las características funcionales del Tetex TR (un tejido de poliéster), material que actualmente se encuentra fuera del mercado. El estudio se ha dividido en varios puntos: por un lado, se han seleccionado cuatro tipos diferentes de tejidos que han sido sometidos a un examen visual bajo microscopio para determinar sus principales aspectos estructurales; por otro, se ha preparado una serie de maquetas sobre las que poder comparar y evaluar el comportamiento mecánico, la estabilidad química y la reversibilidad de los tejidos, antes y después de sometidos a un proceso de envejecimiento artificial. Los resultados alcanzados muestran las posibilidades que ofrecen algunos de los tejidos testados como posibles sustitutos del Tetex TR en intervenciones locales del soporte textil, incorporando así materiales nuevos, accesibles y económicos al ámbito de la restauración de pintura de caballete.

Resumo

O presente trabalho reúne os resultados obtido numa primeira análise experimental realizada com a finalidade de encontrar um tecido de reforço com as características funcionais do Tetex TR (um tecido de poliéster), material que atualmente se encontra fora do mercado. O estudo foi dividido em várias partes: por um lado, selecionaram-se quatro tipos diferentes de tecidos que foram submetidos a um exame visual no microscópio para determinar os seus principais aspetos estruturais; por outro, preparou-se uma série de maquetas para poder comparar e avaliar o comportamento mecânico, a estabilidade química e a reversibilidade dos tecidos, antes e depois de serem submetidos a um processo de envelhecimento artificial. Os resultados alcançados mostram as possibilidades que oferecem alguns dos tecidos testados como possíveis substitutos do Tetex TR em intervenções locais do suporte têxtil, introduzindo, assim, materiais novos, acessíveis e económicos no restauro de pintura de cavelete.

Abstract

The present work shows the outcomes from a first experimental analysis that aimed to find a support fabric with the functional features of Tetex TR (a polyester fabric), which, currently, is no longer produced. The study is divided in different stages: on the one hand, four different fabrics were selected and tested by a visual exam under a microscope in order to determine their main structural features; on the other hand, several mock-ups were prepared to compare and evaluate the mechanical behavior, chemical stability and reversibility of the fabrics, before and after an artificial ageing process. The results show the possibility of replacing Tetex TR with some of the tested fabrics for local interventions on textile support, introducing new accessible and affordable materials into the field of canvas painting restoration.

PALABRAS CLAVE

Tetex TR
Mínima intervención
Tejidos de refuerzo
Pintura de caballete
Conservación-
Restauración

PALAVRAS-CHAVE

Tetex TR
Intervenção mínima
Tecidos de reforço
Pintura de cavelete
Conservação e restauro

KEYWORDS

Tetex TR
Minimal intervention
Reinforcement fabrics
Painting on canvas
Conservation-Restoration

Objetivos de la investigación

Este trabajo tiene como objetivo general encontrar uno o varios tejidos cuya naturaleza, características estéticas, estructurales y funcionales, sean iguales o similares a las del Tetex TR. Para alcanzar dicho propósito y poder evaluar la adecuación de los nuevos tejidos propuestos como materiales de refuerzo en la consolidación del soporte textil en pintura de caballete, se ha preparado una serie de maquetas con diferentes tipos de tela que han sido expuestas a ciclos de radiación ultravioleta como principal fuente de degradación. A partir de las mediciones colorimétricas realizadas antes, durante y después del proceso de envejecimiento acelerado, se ha podido determinar el comportamiento y la reversibilidad de los tejidos en función de la metodología de aplicación del adhesivo y del tipo de soporte a intervenir, además de conocer su estabilidad química en el tiempo.

Introducción

En las últimas décadas, los criterios de conservación-restauración en pintura sobre lienzo (especialmente aquellos que atañen a la intervención del soporte) han ido experimentando una progresiva y paulatina evolución que continua abierta en la actualidad. El punto de partida se sitúa en 1974, momento en el que los profesionales de la disciplina comienzan a tomar conciencia de la problemática que suponían los tratamientos invasivos en el soporte textil [1], lo que a su vez contribuyó a abrir una vía de reflexión para buscar alternativas metodológicas más respetuosas con el original. De este modo, se divulga, entre otros, el empleo de resinas sintéticas desarrolladas específicamente para ser utilizadas en el ámbito de la restauración, siendo un ejemplo de ello la Beva 371 formulada por Gustav Berger [2].

Con el transcurso de los años se produce un nuevo cambio en la ética profesional, lo que va a repercutir de forma directa en la teoría y en la práctica de la conservación. Este busca minimizar el carácter invasivo de los procesos de intervención, avance que arroja las primeras pinceladas sobre el concepto de lo que actualmente se entiende como mínima intervención [3]. Gracias a ello, se empiezan a ensayar y a implementar diversos tratamientos de tipo local para tratar los deterioros en los soportes de tela pintados. Así mismo, dentro de este nuevo ámbito, se incluyen los avances tecnológicos cuyo objetivo es limitar los riesgos ocasionados por la manipulación de una obra durante las distintas fases de restauración [4]. No obstante, en campos como la conservación preventiva de la pintura de caballete, se hace apología a este criterio de intervención mínima; donde gracias al desarrollo informático se ha pasado de controlar [5] a evitar alteraciones sin tener la necesidad de intervenir de forma directa sobre las piezas [6].

Siguiendo esta filosofía, vigente hasta el momento, el lienzo como soporte ha experimentado una reconsideración,

gracias a la cual ha recuperado su valor como elemento histórico-material dentro del conjunto de atributos que integran a la obra de arte [7]. Se hace referencia a una cualidad que hasta entonces había sido ignorada, lo que ha estado ligado al sacrificio sistemático e innecesario (en la mayoría de los casos) del soporte en aras de priorizar la conservación estética de la superficie pictórica [8], considerada como el principal atributo de la pintura de caballete.

Esta ideología ha permitido investigar, desarrollar, testar y aplicar un diverso número de tratamientos ajustados a la ética contemporánea, donde se busca operar preservando los valores propios de la pieza, de tal modo que la repercusión material sobre ella sea mínima [9]. En esta línea de actuación se encuentran las intervenciones locales con bandas perimetrales o el ribeteado, los puentes de hilo, las suturas, los parches, entre otros, que permiten paliar las alteraciones del soporte textil ciñéndose a la zona afectada [10]. Sin embargo, recientemente algunos de estos métodos, como es el caso de la colocación de parches, han demostrado su inaptitud como sistema de refuerzo al comprobarse que generan tensiones y deformaciones visibles por la cara del anverso [11]. Igualmente se habla de tratamiento local en aquellos casos donde se procede a la consolidación puntual del soporte mediante la aplicación de resinas u otros materiales que permitan recuperar las propiedades mecánicas de la tela [12]. Actualmente, uno de los tratamientos que ha probado su extraordinaria efectividad a la hora de intervenir sobre cortes y rasgados es la adhesión hilo a hilo, técnica diseñada por W. Heiber que permite recuperar la unidad estructural del soporte [13]. A pesar de sus ventajas, esta operación presenta algunas limitaciones, tales como las dimensiones del área a intervenir, la necesidad de un refuerzo que garantice la estabilidad física de la adhesión o la destreza manual por parte del restaurador [14], por lo que se hace necesario disponer de distintos métodos alternativos. Uno de ellos consiste en la consolidación del soporte mediante la adhesión de tiras de Tetex TR (tejido 100 % poliéster, con gramaje de 13 g/m² y batida de 30 × 24 hilos/cm²), colocadas a modo de refuerzo tras haber suturado el desgarro [15]. Este material, utilizado en la conservación del patrimonio textil [16], fue incorporado en el campo de la restauración de pintura de caballete en el año 2010 por el Centro de Restauración de Bienes Muebles de Cataluña (CRBMC). La elección del mismo fue el resultado de un ensayo experimental realizado con el fin de encontrar una metodología adecuada para intervenir la pintura El Gran día de Girona, obra de Ramón Martí Alsina [17].

Actualmente, la empresa responsable de la fabricación del tejido Tetex TR ha cesado su producción, por lo que se ha considerado conveniente llevar a cabo una investigación con la finalidad de encontrar otro material que pudiera suplir sus satisfactorias funciones. Además, de forma complementaria, se ha estimado oportuno estudiar y comparar dos sistemas metodológicos de aplicación del adhesivo, ya que la estabilidad del tratamiento depende en gran parte de este factor [18].

Diseño experimental

Preparación de las maquetas

Se han confeccionado ocho maquetas compuestas por una tela a modo de lienzo tensada sobre un bastidor de ángulos fijos cuyas dimensiones son 18 cm × 20 cm. Se eligieron como soporte textil los tipos de tela más comúnmente utilizados en pintura sobre lienzo tradicional y contemporáneo. De este modo, se trabajó con una tela 100 % lino, impermeabilizada con cola de conejo (8 %), y con un tejido 100 % algodón, preparado industrialmente con una imprimación universal. Con ayuda de una plantilla se practicaron en cada lienzo dos desgarros de 4 cm de longitud; en el proceso de generar este deterioro se evitó crear un corte limpio y se recreó lo más fielmente posible un caso real.

Para el tratamiento de consolidación del soporte se ha seguido la siguiente metodología: en primer lugar, se han suturado los rasgados utilizando Plectol B500 (40 % espesado con metilcelulosa (4 %), adhesivo compatible con la naturaleza de ambos tipos de lienzo [19]; en segundo lugar, los desgarros ya suturados, han sido reforzados mediante la adhesión de un fino tejido al reverso de la maqueta.

Los tejidos estudiados han sido escogidos en función de su aspecto formal respecto al Tetex TR. Para ello, se ha recurrido al mercado especializado en el ámbito de la conservación y a comercios específicos de textiles. Los materiales finalmente seleccionados han sido cuatro:

- Muestra n.º 1. Organza 100 % poliéster de color

marrón sin acabado adicional (01844) (Productos de Conservación). Tiene un gramaje de 70 g/m² y batidas de 60 × 40 hilos/cm². Este material se ofrece en el mercado como “tejido similar al Tetex” (Figura 1a).

- Muestra n.º 2. Organza 100 % poliéster catiónico de color blanco (78159) (Ribes i Casals), con gramaje de 40 g/m² y batidas de 30 × 40 hilos/cm² (Figura 1b).
- Muestra n.º 3. Gasa 100 % poliéster catiónico de color blanco (74009) (Ribes i Casals), con gramaje de 80 g/m² y batidas de 58 × 60 hilos/cm² (Figura 1c).
- Muestra n.º 4. Crepelina 100 % de seda natural sin apresto ni coloración (61000010) (CTS), con gramaje de 10 g/m² y batidas de 36 × 26 hilos/cm² (Figura 1d).

El adhesivo utilizado para unir las telas de refuerzo ha sido la Beva 371. El producto se ha aplicado de dos formas diferentes. Por un lado, ha sido pulverizado mediante un compresor de aire (Pro12Silent Cevik) equipado con una pistola aerográfica con boquilla de 1,2 mm de diámetro. Previamente, el adhesivo fue diluido en ciclohexano (1:2). La segunda metodología desarrollada fue el *nap-bond*. En este caso, la Beva se aplicó sobre los tejidos, tal cual se presenta, a través de una pantalla serigráfica del número 43.

Para que el tejido cumpla adecuadamente su función de refuerzo se le ha dado un margen de 1,5 cm a cada lado del rasgado [20], obteniendo como resultado un rectángulo de 7 cm × 3 cm, que ha sido recortado en zig-zag. La unión del refuerzo al reverso del soporte se ha llevado a cabo mediante la reactivación térmica (65-70 °C) del adhesivo.

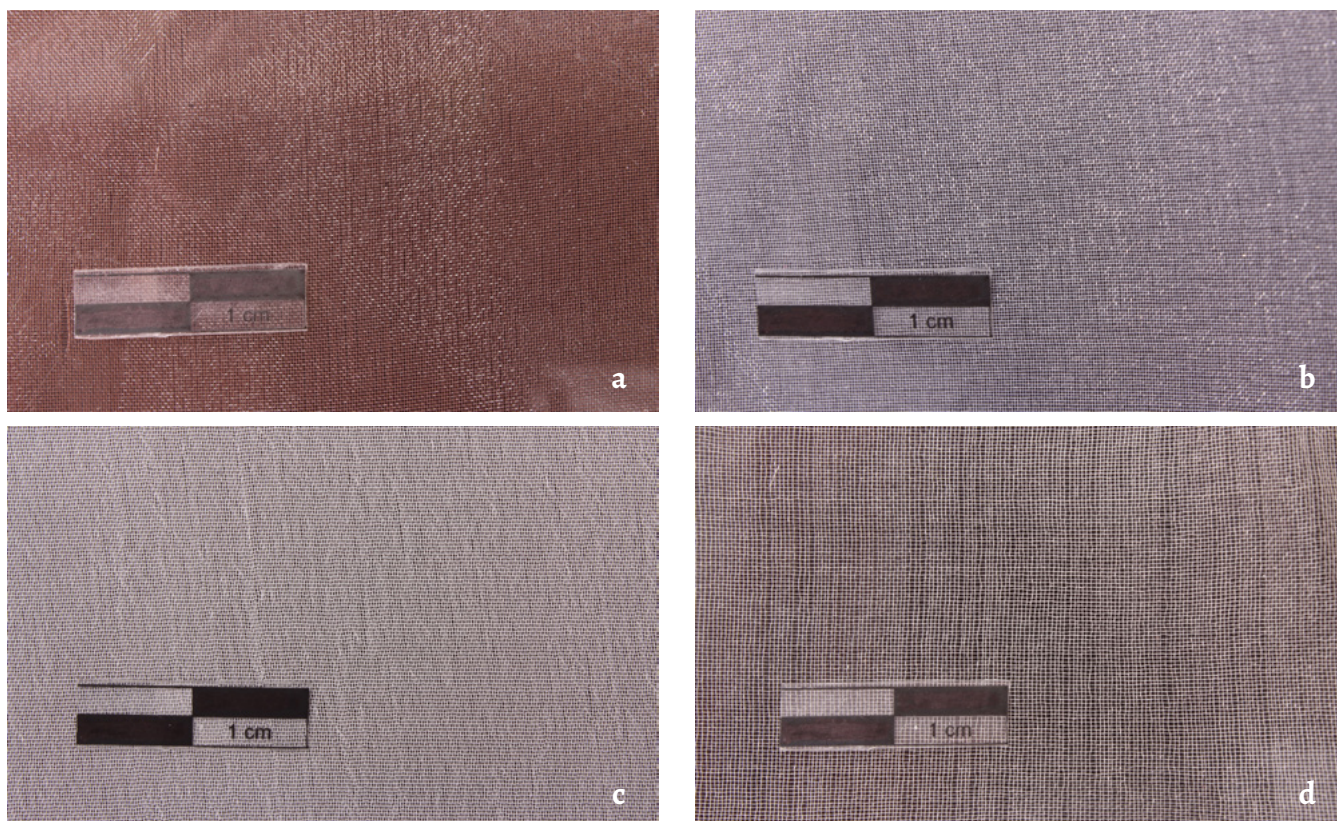


Figura 1. Presentación de los cuatro tejidos testados en el presente estudio: a) organza 100 % poliéster de color marrón; b) organza 100 % poliéster de color blanco; c) gasa 100 % poliéster color blanco; d) crepelina 100 % de seda natural sin coloración.

Tabla 1. Clasificación de las maquetas elaboradas para testar los cuatro tejidos de refuerzo seleccionados para este estudio.

Maqueta	Tipo de soporte	Desgarros				
		Sutura	Refuerzo A		Refuerzo B	
			Tejido	Adhesivo / método	Tejido	Adhesivo / método
1	Lino + cola de conejo	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Organza (M1)	Beva 371 / Nap-bond	Organza (M1)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
2	Lino + cola de conejo	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Organza (M2)	Beva 371 / Nap-bond	Organza (M2)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
3	Lino + cola de conejo	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Gasa (M3)	Beva 371 / Nap-bond	Gasa (M3)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
4	Lino + cola de conejo	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Crepelina (M4)	Beva 371 / Nap-bond	Crepelina (M4)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
5	Algodón + preparación universal	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Organza (M1)	Beva 371 / Nap-bond	Organza (M1)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
6	Algodón + preparación universal	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Organza (M2)	Beva 371 / Nap-bond	Organza (M2)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
7	Algodón + preparación universal	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Gasa (M3)	Beva 371 / Nap-bond	Gasa (M3)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada
8	Algodón + preparación universal	Plextol B500 (40%) + metilcelulosa (4%)	Crepelina (M4)	Beva 371 / Nap-bond	Crepelina (M4)	Beva 371 + ciclohexano (1:2) / pulverizada

De este modo, cada tela de refuerzo ha sido testada en dos maquetas con diferente tipo de soporte, para proceder a una comparación del comportamiento del mismo tejido en función de la metodología de aplicación del adhesivo (Tabla 1).

Estudio de caracterización

Los tejidos de refuerzo seleccionados se sometieron a un examen visual con microscopio digital USB, marca Dino-lite 2.0, modelo MDDLTVU1. Se trabajó con diferentes aumentos (100× y 200×) para observar las características superficiales de la estructura del tejido y la morfología de los hilos que lo constituyen.

Envejecimiento artificial

El estudio de envejecimiento acelerado por radiación ultravioleta (lámparas Ultra Vitalux 300 W), se ha realizado en la cámara climática del taller de la asignatura *Procedimientos y Técnicas Pictóricas*, con la colaboración del profesor Manuel Huertas Torrejón, catedrático del Departamento de Pintura y Conservación-Restauración de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid. Durante el periodo de envejecimiento artificial se ha trabajado con una temperatura de 50 °C y una humedad relativa del 10-20 %. En la cabina, además de los ocho facsímiles también se ha introducido una muestra (10 cm × 5 cm) de cada tejido de refuerzo.

Análisis colorimétrico

(método de evaluación de la estabilidad química)

Las mediciones colorimétricas se han obtenido con un espectrofotómetro, marca Konica Minolta, modelo CM-700d. Estas medidas se han llevado a cabo tanto en las muestras como en los tejidos adheridos a las maquetas, a

tiempo 0, y en ciclos de 24, 48, 72, 96, 192, 312 y 504 horas tras el envejecimiento.

Al no tratarse de una superficie opaca, las medidas de las muestras se han tomado siempre sobre el mismo fondo, uno blanco y otro negro, cotejando ambos resultados. En todos los ciclos (en las muestras y en las maquetas) se han tomado tres medidas consecutivas calculando posteriormente un valor medio. La evaluación de los cambios de color se efectuó según medidas de espectrofotometría esférica, en el espacio colorimétrico CIELAB: L^* = claridad; a^* = eje verde (-)/rojo (+); b^* = eje azul (-)/amarillo (+).

Examen con luz rasante

(método de evaluación de la estabilidad mecánica)

Siguiendo los ocho ciclos marcados para tomar las medidas colorimétricas, se realizó un estudio con luz rasante (lámpara fluorescente incidiendo tangencialmente sobre la maqueta desde el lateral izquierdo) para evaluar la estabilidad mecánica de los tejidos de refuerzo en relación al comportamiento del soporte durante el proceso de envejecimiento.

Reversibilidad

En las maquetas preparadas con los lienzos se comprobó la reversibilidad de los tejidos una vez finalizado el proceso de envejecimiento artificial. Mediante la aplicación de calor (65-70 °C) con espátula térmica se reactivó el adhesivo y se levantó el refuerzo tirando de él en ángulo plano respecto al plano del soporte textil. A continuación, se estudió el reverso de las telas para comprobar la cantidad de residuo que hubiese podido quedar en superficie. La observación visual se hizo con microscopio digital USB, marca Dino-lite 2.0, modelo MDDLTVU1, utilizando diferentes escalas (100× y 200×) y fuentes de luz (luz ultravioleta y luz led).

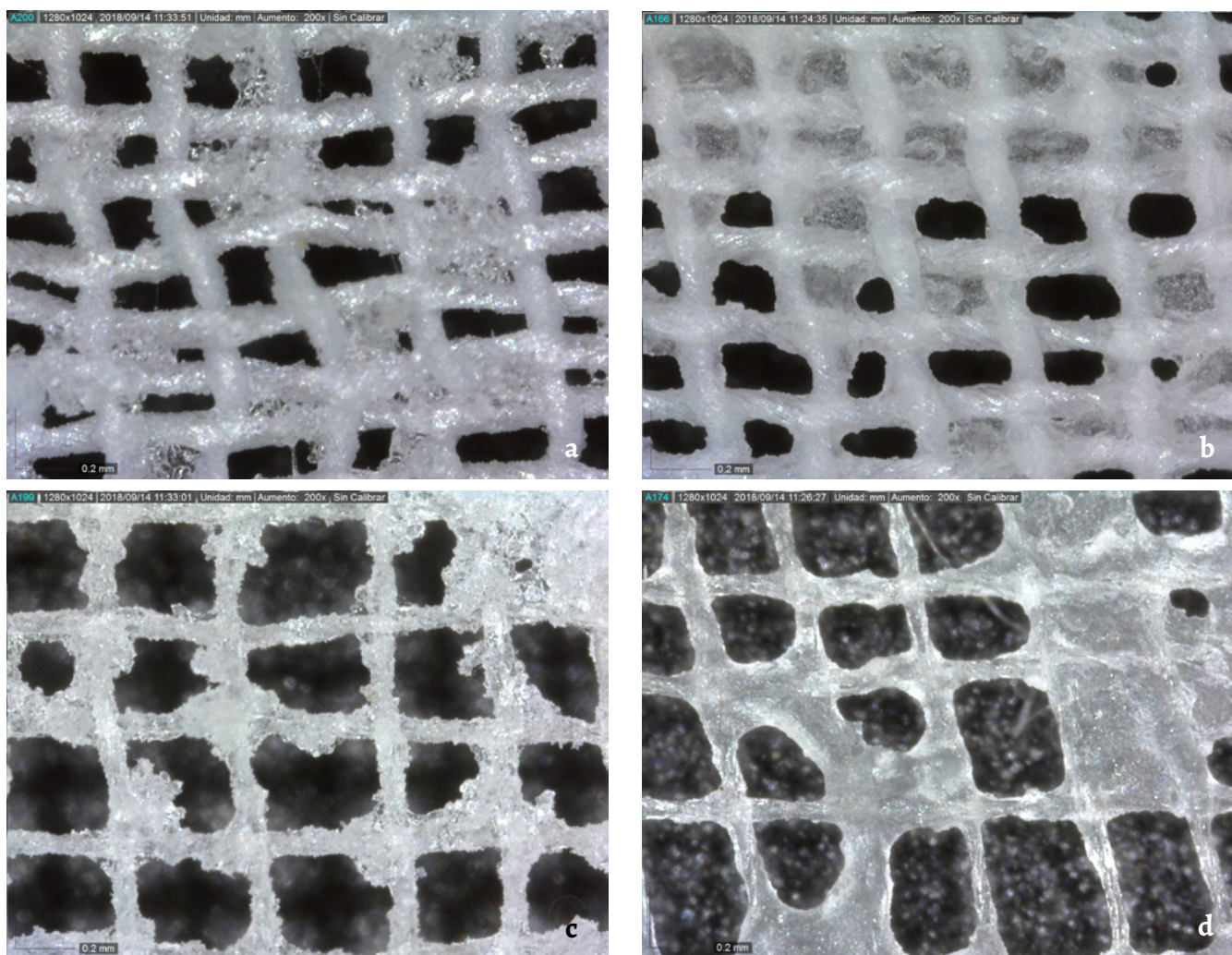


Figura 2. Estudio de ambas metodologías de aplicación del adhesivo Beva 371 con el microscopio digital USB. Imagen con luz led a 200×: a) adhesivo pulverizado sobre muestra 3; b) adhesivo aplicado mediante *nap-bond* sobre muestra 3; c) adhesivo pulverizado sobre muestra 4; d) adhesivo aplicado mediante *nap-bond* sobre muestra 4.

Resultados y discusión

Durante la aplicación del adhesivo en las telas de refuerzo se observó que de las dos metodologías desarrolladas, el sistema de pulverizado daba un resultado más óptimo que el *nap-bond* (dato corroborado bajo microscopio digital USB). El primero permite una distribución uniforme y homogénea de la Beva 371 sobre la superficie del tejido, mientras que al ser presionada a través de una pantalla (*nap-bond*) ésta queda incrustada en los intersticios de la trama. Además, el acabado es muy heterogéneo, variando según la densidad del tejido (Figura 2).

Estudio físico de caracterización

El gramaje de los tejidos testados se conocía previamente gracias a su ficha técnica, por lo que el estudio se centró en cerciorar este dato y en analizar la morfología de la estructura que conforman las distintas telas seleccionadas. En este punto se trabajó con un patrón de Tetex TR como referencia. Con el examen visual se pudo determinar que consiste en un tejido con ligamento en tafetán simple

conformado por hilos multifilamento, cuyas fibras (4 unidades) se retuercen sobre sí hacia la izquierda (sentido de torsión S) (Figura 3a). La muestra n.º 1 (organza) es un tejido de dos caras por trama [21], confeccionado por hilos monofilamento (Figura 3b). El tejido n.º 2 (organza) está constituido por hilos monofilamento que se entrelazan siguiendo un diseño en tafetán simple (Figura 3c). La muestra n.º 3 (gasa) tiene un ligamento en tafetán simple, en este caso conformado por hilos multifilamento con sentido de torsión en Z (Figura 3d). Finalmente, la tela n.º 4 (crepelina), al igual que la anterior, es un tafetán simple con hilos multifilamento, en el que varía el sentido de torsión de las fibras que dan cuerpo a los hilos, girando en este caso hacia la izquierda (sentido de torsión S) (Figura 3e).

Foto-envejecimiento

A la hora de cotejar los resultados obtenidos en el análisis colorimétrico de las muestras y de las maquetas, se observó una gran diferencia entre unos valores y otros. Las mediciones tomadas en las muestras independientes mostraron que esta irregularidad era atribuible al envejecimiento de los

soportes y de los adhesivos utilizados. Dado que el objetivo del estudio es analizar el comportamiento de las telas de refuerzo y no de este conjunto de materiales, nos centramos en los resultados colorimétricos de las muestras aisladas. Siguiendo los parámetros del sistema CIELAB, el eje de referencia de mayor relevancia para este estudio es aquel que mide el color amarillo, es decir el b^* (+) [22].

Muestra n.º 1: en este caso el eje de referencia ha sido el a^* , ya que al tratarse de un tejido de color marrón el parámetro b^* no ha dado unos datos correlativos. A lo largo del proceso de ensayo en la cámara de envejecimiento se ha producido un aumento progresivo del valor del eje a^* . De los materiales testados, este ha sido el más estable pasadas 24 horas en la cabina (Δa^* (1) 24 horas = 0,05 / Δa^* (2) 24 horas = 0,04). Al final del ciclo de envejecimiento programado se ha obtenido ΔE^* (1) y ΔE^* (2) iguales a 1,03 y 0,49 unidades CIELAB, respectivamente; se trata de una diferencia inapreciable para el ojo humano (Tabla 2). Este tejido presenta una estabilidad química propia de una composición 100 % poliéster [23].

Muestra n.º 2: a las 24 horas de envejecimiento, este material experimenta una alteración que se refleja mediante el aumento del valor b^* (Δb^* (1) = 0,77 / Δb^* (2) = 0,70). Este parámetro ha ido aumentando a lo largo del desarrollo del ensayo hasta alcanzar Δb^* (1) y Δb^* (2) en 504 horas de envejecimiento valores de 2,43 y 2,98, respectivamente. Sin embargo, esta variación cromática no es perceptible por el ojo humano ya que ΔE^* no es superior a 3 (ΔE^* (1) = 2,56 / ΔE^* (2) = 2,76) (Tabla 2). Junto a la muestra n.º 4, son los tejidos que más se han alterado respecto a los dos restantes. La alteración de este tejido no es propia de un material cuya composición es 100 % poliéster, como consta en su ficha

técnica, lo que lleva a cuestionarse la fiabilidad de este dato, pudiendo tratarse de una combinación de varios polímeros.

Muestra n.º 3: es el material químicamente más estable. La variación cromática del tejido ha sido reducida y progresiva (Δb^* (1) 24 horas = 0,42; Δb^* (1) 192 horas = 0,49; Δb^* (1) 504 horas = 0,80 / Δb^* (2) 24 horas = 0,13; Δb^* (2) 192 horas = 0,24; Δb^* (2) 504 horas = 0,39), mostrando finalmente ΔE^* (1) = 1,07 y ΔE^* (2) = 0,59 (Tabla 2). Este mínimo cambio cromático está ligado a la estabilidad química del poliéster, elemento 100 % constituyente del tejido analizado [23].

Muestra n.º 4: al igual que la muestra n.º 2, este tejido sufrió una fuerte variación cromática transcurridas 24 horas del envejecimiento en la cámara climática (Δb^* (1) = 1,00 / Δb^* (2) = 0,52). En la última medición, realizada a las 504 horas del ciclo, los valores de Δb^* (1) y Δb^* (2) eran iguales a 2,25 y 2,46 unidades CIELAB, respectivamente. No obstante, la alteración no es perceptible por el ojo humano ya que ΔE^* no es superior a 3 (ΔE^* (1) = 2,34 / ΔE^* (2) = 2,91) (Tabla 2). La inestabilidad química de este tejido viene dada por la naturaleza proteica de la seda, lo que la hace susceptible a la fotodegradación [23].

Evaluación cualitativa del comportamiento mecánico

A lo largo del envejecimiento acelerado se han producido en ambos tipos de soporte una serie de tensiones y de deformaciones derivadas del comportamiento de los mismos frente a unas condiciones climáticas de elevada temperatura y baja humedad [24]. Estas alteraciones han sido más pronunciadas en el lienzo de algodón que en el de lino, tal y como era de esperar. En los dos casos, los movimientos del soporte fueron visibles tras llevar 24 horas introducidas las maquetas en la cámara climática.

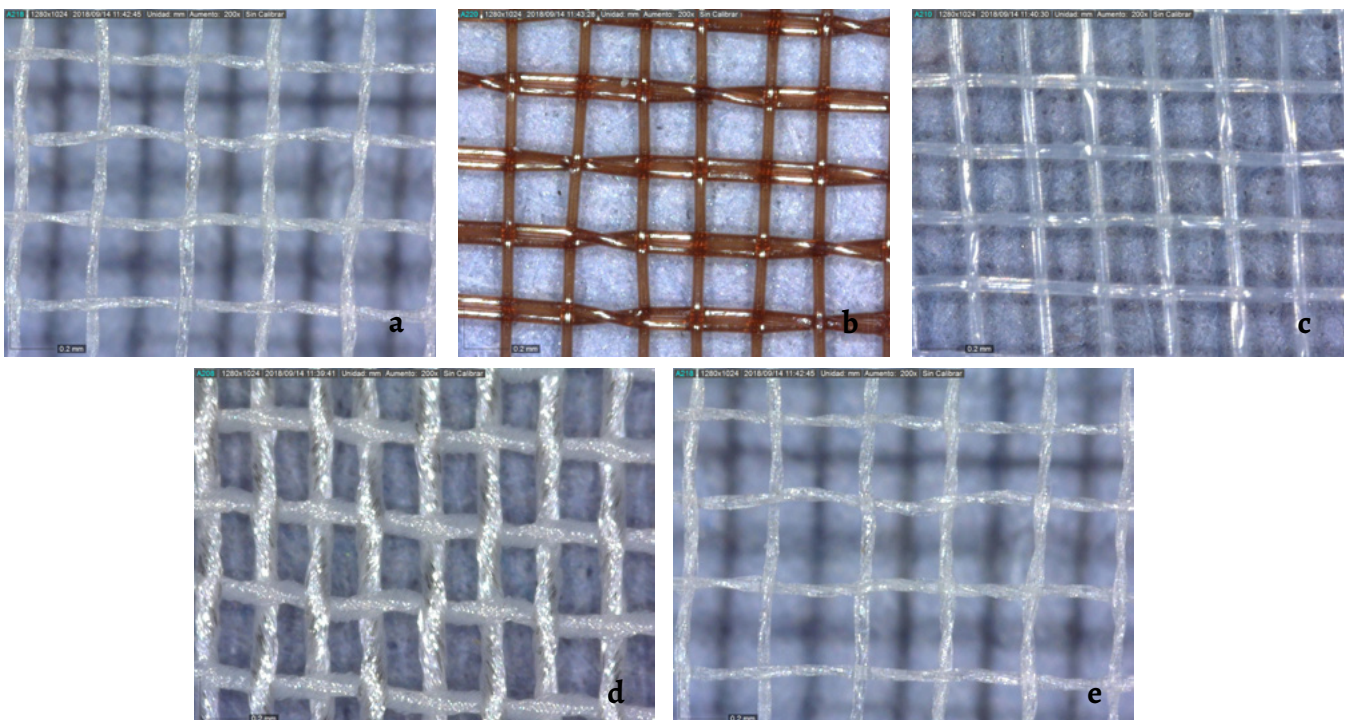


Figura 3. Resultado del examen físico de caracterización con el microscopio digital USB. Imagen con luz led a 200x: a) Tetex TR; b) muestra 1; c) muestra 2; d) muestra 3; e) muestra 4.

Estudio de tejidos alternativos al Tetex TR para uso como material de refuerzo

Tabla 2. Resultados del análisis colorimétrico realizado en las muestras aisladas sobre fondo blanco (1) y sobre fondo negro (2).

M	T	L* (1)	a* (1)	b* (1)	$\Delta L^*(1)$	$\Delta a^*(1)$	$\Delta b^*(1)$	$\Delta E^*(1)$	L* (2)	a* (2)	b* (2)	$\Delta L^*(2)$	$\Delta a^*(2)$	$\Delta b^*(2)$	$\Delta E^*(2)$
Organza (M1)	0	67,14	4,58	4,94	-	-	-	-	24,98	2,59	2,93	-	-	-	-
	24	66,24	4,63	5,30	0,90	0,05	0,36	0,97	25,13	2,55	2,61	0,15	0,04	0,32	0,36
	48	66,68	4,69	4,70	0,46	0,11	0,24	0,53	24,86	2,76	2,82	0,12	0,17	0,11	0,24
	72	66,85	4,74	5,02	0,29	0,16	0,08	0,34	24,75	2,71	2,68	0,23	0,12	0,25	0,36
	96	65,99	4,81	5,62	1,15	0,23	0,68	1,36	24,82	2,72	2,69	0,16	0,13	0,24	0,32
	192	66,66	4,84	4,96	0,48	0,26	0,02	0,55	24,77	2,79	2,66	0,21	0,20	0,27	0,40
	312	67,17	4,94	5,03	0,03	0,36	0,09	0,37	24,89	2,81	2,91	0,09	0,22	0,02	0,24
	504	66,27	5,14	4,93	0,87	0,56	0,01	1,03	25,19	2,98	3,15	0,21	0,39	0,22	0,49
Organza (M2)	0	95,44	1,48	-4,58	-	-	-	-	44,32	1,12	-6,59	-	-	-	-
	24	94,98	1,33	-3,81	0,46	0,15	0,77	0,91	44,47	0,96	-5,87	0,12	0,16	0,70	0,73
	48	95,24	1,20	-3,05	0,20	0,28	1,53	1,57	43,79	0,98	-5,63	0,53	0,14	0,96	1,11
	72	95,20	1,29	-3,33	0,24	0,19	1,25	1,29	43,88	0,90	-5,36	0,44	0,22	1,23	1,32
	96	95,08	1,25	-3,17	0,36	0,23	1,41	1,47	44,26	0,87	-5,22	0,06	0,25	1,37	1,39
	192	95,17	1,19	-2,85	0,27	0,29	1,73	1,77	44,30	0,80	-4,94	0,02	0,32	1,65	1,68
	312	94,85	0,91	-2,63	0,59	0,57	1,95	2,12	44,32	0,70	-3,89	0,00	0,42	2,70	2,73
	504	94,92	0,89	-2,15	0,52	0,59	2,43	2,55	44,02	0,61	-3,61	0,41	0,51	2,98	2,77
Gasa (M3)	0	95,45	0,54	-0,64	-	-	-	-	64,54	0,02	-0,73	-	-	-	-
	24	94,90	0,45	-0,22	0,55	0,09	0,42	0,70	64,70	-0,08	-0,60	0,16	0,10	0,13	0,23
	48	94,86	0,59	-0,14	0,59	0,05	0,50	0,76	60,04	-0,02	-0,55	0,5	0,04	0,18	0,53
	72	95,13	0,61	-0,22	0,32	0,07	0,42	0,53	64,54	-0,05	-0,50	0,00	0,07	0,23	0,24
	96	95,04	0,61	-0,06	0,41	0,07	0,58	0,71	64,63	-0,03	-0,51	0,09	0,05	0,22	0,24
	192	94,91	0,58	-0,15	0,54	0,04	0,49	0,73	64,71	-0,05	-0,49	0,70	0,07	0,24	0,74
	312	94,80	0,43	0,05	0,63	0,11	0,69	0,94	63,98	-0,07	-0,57	0,56	0,09	0,16	0,59
	504	94,75	0,43	0,16	0,70	0,11	0,80	1,07	64,10	-0,06	-0,34	0,44	0,08	0,39	0,59
Crepelina (M4)	0	94,08	0,67	-0,16	-	-	-	-	40,13	-0,07	0,43	-	-	-	-
	24	93,82	0,48	0,84	0,82	0,19	1,00	1,31	40,11	-0,02	0,95	0,02	0,05	0,52	0,52
	48	94,10	0,65	0,92	0,02	0,02	1,68	1,68	39,97	0,00	1,37	0,16	0,07	0,94	0,95
	72	93,96	0,64	0,92	0,12	0,03	1,08	1,09	39,74	-0,07	1,14	0,39	0,00	0,71	0,81
	96	93,98	0,61	0,86	0,10	0,06	1,02	1,03	39,78	-0,07	1,16	0,35	0,00	0,73	0,81
	192	94,08	0,57	1,08	0,00	0,10	1,24	1,24	40,04	-0,12	1,22	0,09	0,05	0,79	0,79
	312	93,48	0,38	2,04	0,60	0,29	2,20	2,30	41,68	-0,10	2,42	1,55	0,03	1,99	2,52
	504	93,48	0,43	2,09	0,60	0,24	2,25	2,34	41,62	-0,17	2,91	1,49	0,10	2,48	2,91

M = muestras de tejidos; T = horas de las muestras en la cámara climática

En el lienzo de lino, los tejidos 3 (gasa) y 4 (crepelina) se han adaptado correctamente a los cambios dimensionales del soporte. Cabe destacar que las muestras de estos tejidos, donde el adhesivo ha sido aplicado mediante *nap-bond*, no han cumplido completamente su función de refuerzo debido a que se ha observado la aparición de una deformación en la línea de desgarro con forma de *cordillera* (Figura 4). Los tejidos 1 (organza) y 2 (organza) se han despegado (siendo indiferente la metodología de aplicación del adhesivo) de las

maquetas tras llevar 72 y 24 horas, respectivamente, dentro de la cámara (Figuras 5 y 6).

En las maquetas con tela de algodón, los cuatro tejidos testados se han marcado por la cara del anverso (siendo indiferente la metodología de aplicación del adhesivo). Esta alteración es más pronunciada a partir de las 24 horas del envejecimiento acelerado. Además, en aquellos desgarros reforzados con el tejido 1 (organza) y 2 (organza), las tensiones generadas han sido mayores (Figura 4).

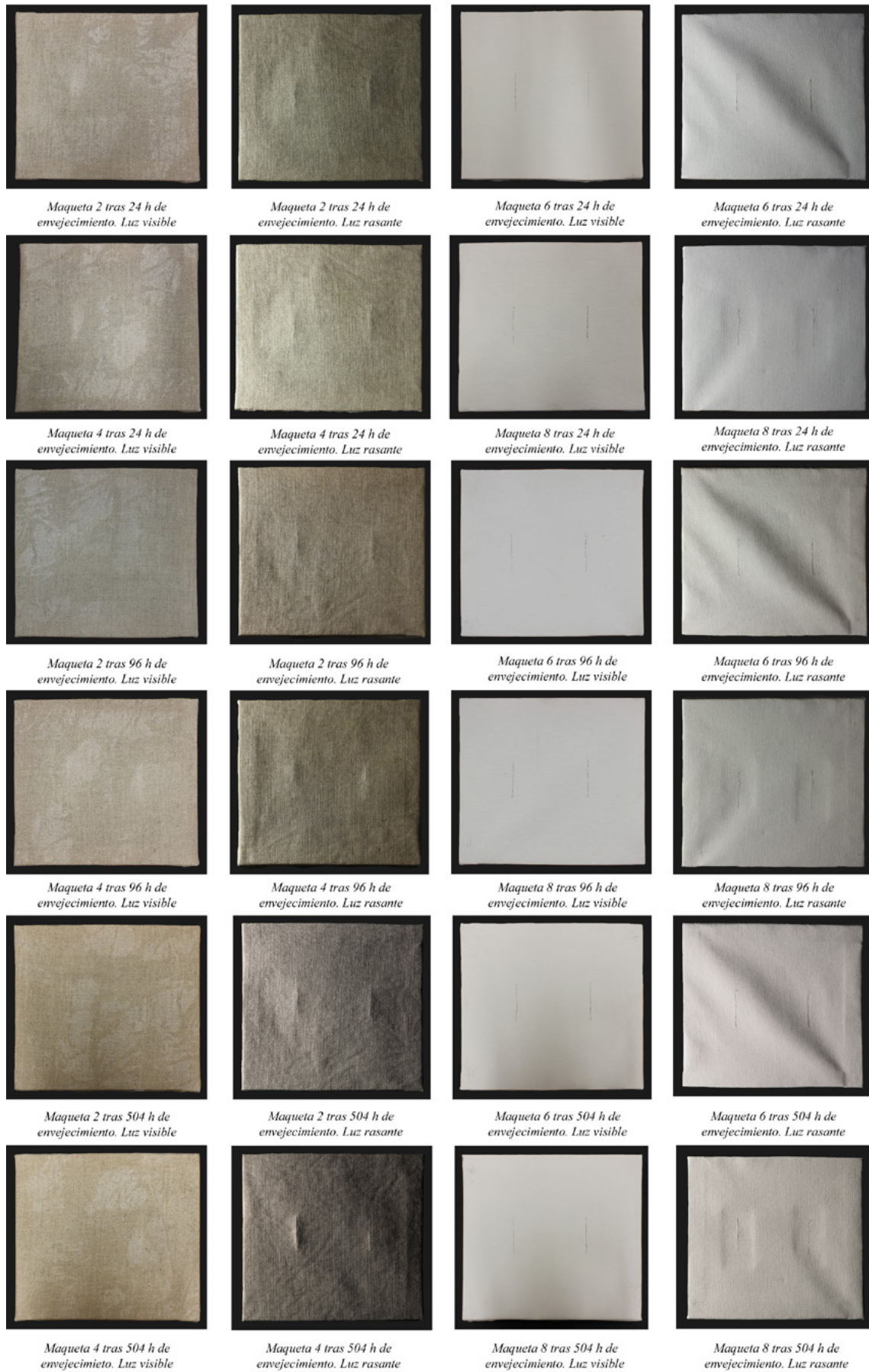


Figura 4. Estudio cualitativo del comportamiento mecánico de los tejidos 2 (organza) y 4 (crepelina) en relación a los soportes de lino (maquetas 2 y 4) y de algodón (maquetas 6 y 8), en ciclos de 24, 96 y 504 horas de envejecimiento artificial en la cámara climática.

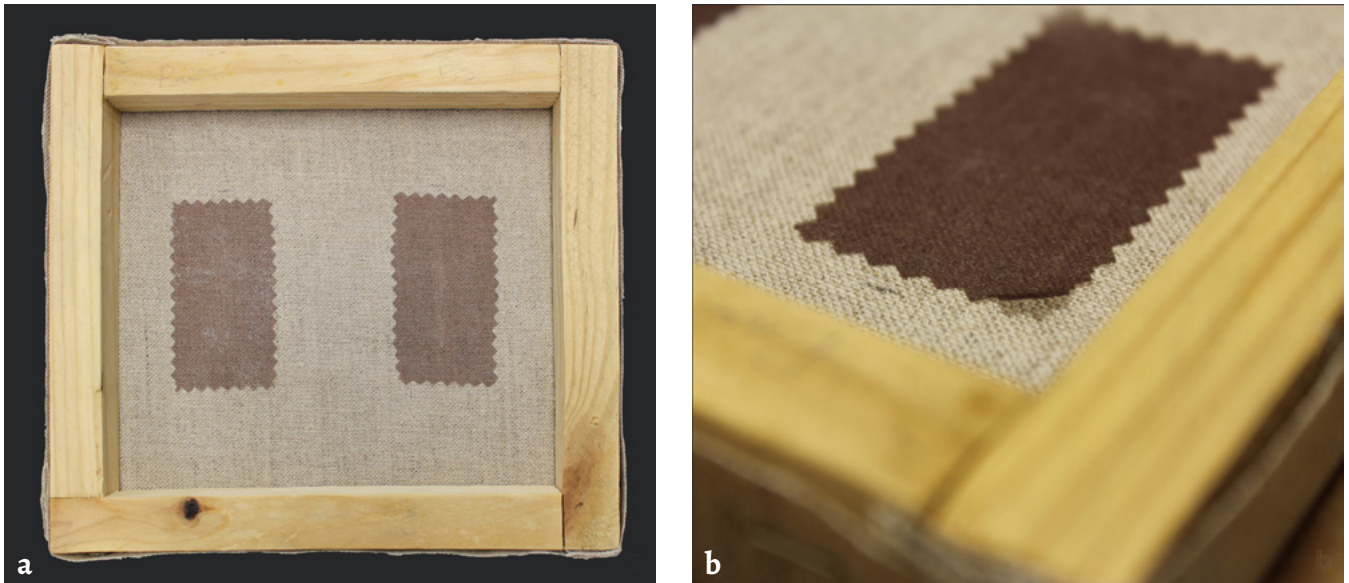


Figura 5. Maqueta 1 tras el tercer ciclo (72 horas) de envejecimiento artificial: *a)* vista general del reverso de la maqueta; *b)* detalle del levantamiento del refuerzo A.

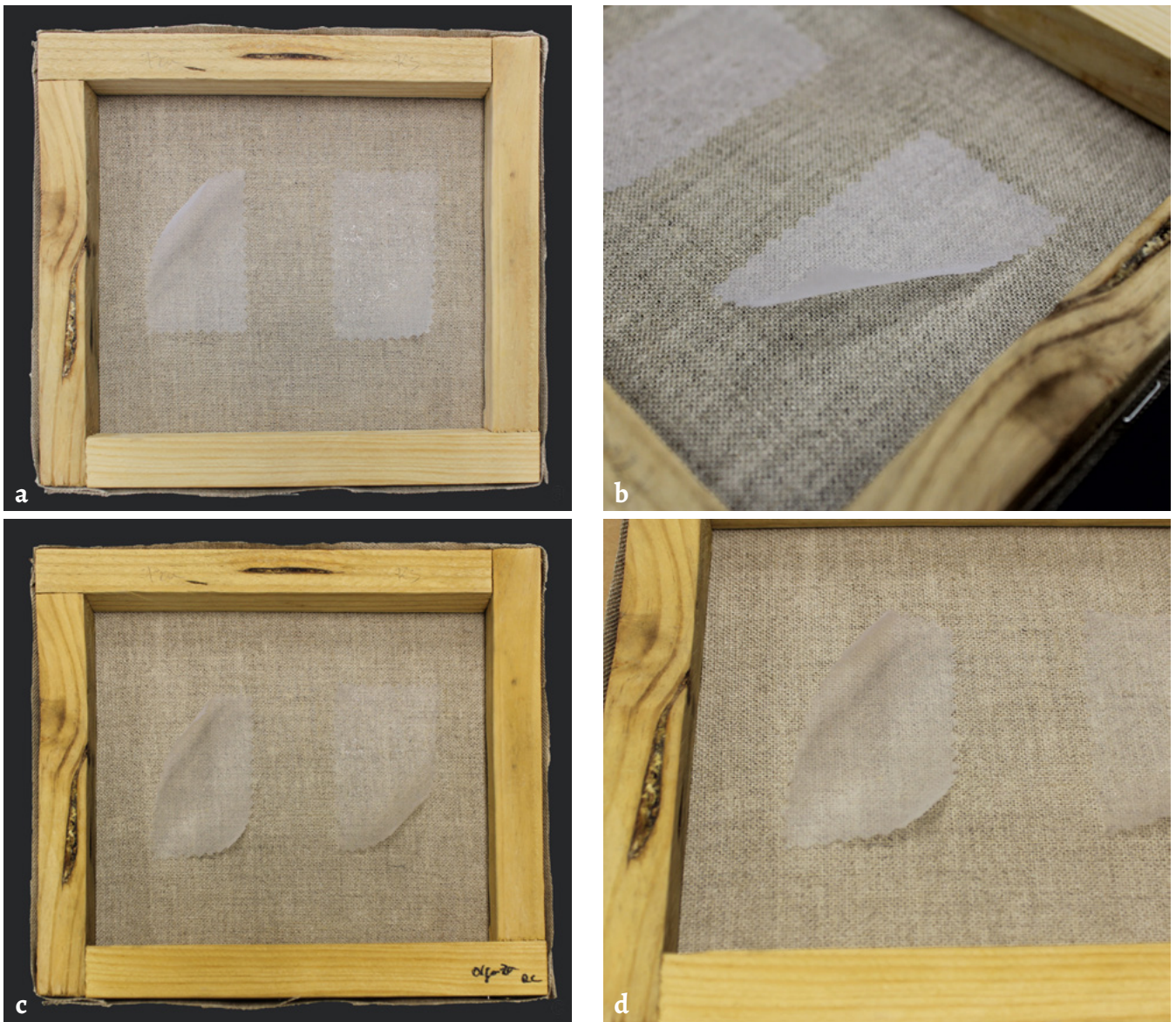


Figura 6. Maqueta 2 tras haber sido sometida al proceso de envejecimiento acelerado: *a)* vista general del reverso de la maqueta tras 24 horas en la cámara climática; *b)* detalle levantamiento del refuerzo A; *c)* vista general del reverso de la maqueta tras 504 horas en la cámara climática; *d)* detalle levantamiento del refuerzo A.

Reversibilidad

Tras haber retirado el tejido de refuerzo (tarea simple una vez reactivado el adhesivo) y analizar la superficie del reverso de las maquetas, se comprobó que ambas metodologías de aplicación dejan una cantidad reducida de Beva 371. Sin embargo, estos residuos se acentúan en aquellas telas donde se trabajó con el sistema de pulverización.

Conclusiones

Finalizado este primer estudio, se llega a la conclusión que de los cuatro materiales testados, dos de ellos pueden ser una buena alternativa al Tetex TR a la hora de llevar a cabo trabajos de consolidación del soporte textil en pintura de caballete, siempre que se trate de un lienzo de lino o de naturaleza similar. Estos tejidos son la muestra n.º 3 (gasa) y la muestra n.º 4 (crepelina). De este modo, la gasa, material estable química y dimensionalmente, económica y de fácil accesibilidad, puede ser incorporada en el ámbito de la conservación-restauración, contando así con un nuevo producto en este campo. No obstante, ambos tejidos han pasado a una segunda fase en vía de desarrollo con el objetivo de medir cuantitativamente sus propiedades físico-mecánicas. De este análisis, los tejidos n.º 1 (organza) y n.º 2 (organza) han sido descartados ya que en el examen preliminar realizado y que aquí se presenta, han demostrado no ser aptos como material de refuerzo en soporte textil.

Según los resultados obtenidos durante la elaboración de las maquetas y el examen visual realizado con luz rasante, se recomienda aplicar el adhesivo mediante un sistema que permita una distribución homogénea y en superficie, de modo que se garantice una correcta adhesión entre las partes a unir.

En cuanto al soporte de algodón se ha de seguir trabajando, ya que ninguno de los cuatro materiales testados, ni la metodología desarrollada han dado buenos resultados.

Listado de proveedores

- Tela algodón con preparación universal: manufacturado por Phoenix Art Supplies & Framing, C/ Easton, 1810, Doylestown, EE.UU. (tel. +1 2153450908 / email: crear@phoenixartsupplies.com); adquirido en Cobalto, Material de Bellas Artes y Restauración, C/ Moral de la Magdalena, 13, Granada, España (tel. +34 858958348).
- Organza: manufacturado por Testfabrics, Inc., Av. Delaware, 415, West Pittston, EE.UU. (tel. +570 6030432 / email: info@testfabrics.com); y adquirido en Productos de Conservación S.A., C/ Almadén, 5, Madrid, España (tel. +34 914202167 / email: info@productosdeconservacion.com).
- Organza, gasa: adquirido en Ribes i Casals, C/ de Atocha, 26, Madrid, España (tel. +34 913694500).
- Tela Pattina, cola de conejo, Plextol B500, metilcelulosa,

Beva 371, ciclohexano, crepelina: adquiridos en CTS España Productos y Equipos para la Restauración S.L., C/ Monturiol, 9, Polígono Industrial San Marcos, Getafe, Madrid, España (tel. +34 916011640 / email: cts.espana@ctseurope.com).

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Restauración de Bienes Muebles de Cataluña (CRBMC) el haber permitido proseguir en el Departamento de Pintura y Conservación-Restauración de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid este proyecto que se inició en sus talleres durante un periodo de prácticas externas dentro del Grado en Conservación de Bienes Culturales de la Universidad de Granada. De igual modo, esta investigación ha podido desarrollarse gracias al apoyo del Catedrático Manuel Huertas Torrejón, profesor del Departamento de Pintura y Conservación-Restauración en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, quien amablemente ha cedido la cámara de envejecimiento artificial para realizar las pruebas de ensayo.

REFERENCIAS

1. Villers, C. (ed.), *Lining Painting. Papers from the Greenwich Conference on Comparative Lining Techniques*, National Gallery of Art – Archetype Publications, Washington – London (2003).
2. Berger, G., 'Testing adhesives for the consolidation of paintings', *Studies in Conservation* 17(4) (1972) 173-194, <https://doi.org/10.2307/1505565>.
3. Bustin, M.; Caley, T. (eds.), *Alternatives to Lining*. United Kingdom Institute for Conservation, London (2003).
4. Barros, A.; Bone, L.; Clarricoates, R.; Dowding, H. (eds.), *Current Technical Challenges in the Conservation of Paintings*, Archetype – Icon Paintings Group, London (2015).
5. IPCE, *Fundamentos de Conservación Preventiva. Plan Nacional de Conservación Preventiva*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid (2015).
6. Roche, A., *La Conservation des Peintures Modernes et Contemporaines*, CNRS Éditions, Paris (2016).
7. Laudenbacher, K., 'Reentelados, parches y remiendos. Mucha tela', en *International Conference on Painting Conservation*, ed. M. Castell, L. Fuster, S. Martin & V. Guerola., Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2005) 111-118.
8. Macarrón, A., *Historia de la Conservación y la Restauración. Desde la Antigüedad Hasta el Siglo XX*, Tecnos, Madrid (2013).
9. Roudet, L., 'L'intervention minimale en conservation-restauration des Bienes Culturels: exploration d'une notion', travail de maître, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris (2007).
10. Bermeja, I., 'Tratamientos estructurales de refuerzo de soporte de pintura de caballete sobre lienzo', Trabajo final de grado, Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid (2014).
11. Salas, C.; Porrás-Isla, M. (eds.), *Proyecto COREMANS. Criterios de Intervención en Pintura de Caballete*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid (2018).
12. Kolman, K.; Nechyporchuk, O.; Persson, M.; Holmberg, K.; Bordes, R., 'Preparation of silica/polyelectrolyte complexes for textile strengthening applied to painting canvas restoration', *Colloid Surface A* 532 (2017) 420-427, <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.04.051>.
13. Heiber, H.; Demuth, P., *Microcirugía Textil para el Tratamiento*

- de Rasgados en Pintura Sobre Lienzo*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2006).
14. Orata, L., *Tagli e Strappi nei Dipinti su Tela. Metodologie di Intervento*, Nardini Editore, Firenze (2010).
 15. Bogan, R.; Gual, E.; Sala, M.; Silvestre, D., 'El gran día de Girona, la restauració d'una obra de gran format', *Unicum* **10** (2011), 5-23.
 16. Fulkerson, D., 'The abrasiveness of sheer overlay fabrics used in textile conservation', master's thesis, University of Rhode Island, Rhode Island (2005).
 17. Faxedas, M. (ed.), Ramón Martí Alsina. *El Gran Dia de Girona. Anatomia d'un Quadre*, Generalitat de Catalunya, Cataluña (2010).
 18. Martín, S.; Castell, M.; Iaccarino, A.; Robles, C.; Carpio, I.; Esteban, N., 'Estudio de los fallos adhesivos de las sustancias tack-melt y hot-melt: cuestiones relativas a los tratamientos perimetrales del soporte', *Arché* **3** (2008) 81-86.
 19. Costantini, D., 'Cold lining and mist lining: insights and possibilities of adaptation to the mediterranean climate', *CeROArt* **EGG 3** (2013), <https://journals.openedition.org/ceroart/3090> (acceso en 2018-10-3).
 20. Sánchez, A., *Restauración de Obras de Arte: Pintura de Caballete*, Akal, Madrid (2012).
 21. Vilatuña, A., 'Análisis y cálculos de telas de tejido plano que servirá de base para la implementación de un software textil', tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra (2007).
 22. Cotton Incorporated, 'Revisión de las causas del amarilleamiento en las telas', boletín técnico, Cotton Incorporated, Carolina del Norte (2002).
 23. Alonso, J., 'Manual control de calidad en productos textiles y afines' tesis de postgrado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2015).
 24. Roche, A. 'Comportement mécanique des peintures sur toile: Evaluation de la stabilité mécanique aux variations d'humidité et de temerature', en *International Conference on Painting Conservation*, ed. M. Castell, L. Fuster, S. Martin & V. Guerola, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2005) 189-212.

RECIBIDO: 2018.10.20

REVISTO: 2019.2.18

ACEPTADO: 2019.3.13

ONLINE: 2019.3.18



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

Para ver una copia de esta licencia, visite

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

Sacrificial layers: an alternative for the conservation of the lime stuccos from Templo Mayor's Structure B in Mexico City

ELISA CARMONA
VAILLARD

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete", Gral. Anaya 187, San Diego Churubusco, 04120 Ciudad de México, Mexico.

e.carmova@gmail.com

Camadas sacrificiais: uma alternativa para a conservação dos estuques de cal da Estrutura B do Templo Mayor na Cidade do México

Abstract

Structure B is an archaeological structure from the post-classic period of the Mexica culture located within the archaeological site of Templo Mayor in Mexico City. The various alteration dynamics caused by its exposure to the weather have generated severe conservation problems in the stuccos that cover the reliefs of the stone skulls of Structure B. Since the alteration effects are mainly due to the crystallization of salts, the absorption of direct humidity because of stagnation of water and the impact of rainwater, the use of sacrificial layers is presented as a measure for the long-term conservation of the stuccos. This investigation proposes a methodological framework for the elaboration of diverse models of sacrificial layers, as well as for their qualitative evaluation after submitting them to resistance tests that imitate the environmental dynamics to which the structure is subjected, in order to design a suitable sacrificial layer for a given structure and context.

Resumo

A Estrutura B é uma estrutura arqueológica da cultura asteca, do período pós-clássico, localizada dentro do complexo arqueológico Templo Mayor na Cidade do México. A sua exposição às condições climáticas locais tem originado vários problemas ao nível da conservação dos estuques que cobrem os relevos dos crânios de pedra da Estrutura B. Dado que os efeitos de alteração são causados maioritariamente pela cristalização de sais, pela absorção directa de água estagnada e pelo impacto da precipitação, o uso de camadas sacrificiais é aqui apresentado como uma medida para a conservação a longo prazo destes estuques. Assim, este trabalho propõe uma metodologia não só para a elaboração de diversos modelos de camadas sacrificiais, mas também para a avaliação qualitativa desses mesmos modelos, através da realização de ensaios de resistência que visam simular as condições climáticas que podem afectar a estrutura em questão. Esta metodologia permite desta forma, conceber camadas sacrificiais específicas para uma determinada estrutura e respectivo contexto.

KEYWORDS

Mortar
Nopal mucilage
Void index
Weather exposure
Methodological evaluation
Sacrificial layer

PALAVRAS CHAVE

Argamassa
Mucilagem do Nopal
Índice de vazios
Condições climáticas
Metodologia de avaliação
Camadas sacrificiais

Introduction

Structure B is an archaeological structure located in the northern courtyard of the *Templo Mayor* archaeological site, capital of what used to be the ancient Mexica Empire. The archaeological site was built on a region of high seismic activity, on a clayey and compressible soil, as it used to be an old lacustrine zone currently in the center of Mexico City [1]. This environment, in addition to the conditions of the soil after demolishing the surrounding buildings at the time of the excavation of the site between 1978 and 1982, caused the deformation of the ground triggering the inclination of the courtyards and the surrounding structures (amongst them Structure B), and the stagnation of rainwater [2].

Structure B is built from different types of igneous extrusive rocks. Some of the stones that make up the east, north and south facades are carved into the shape of skulls and covered with multiple layers of lime stucco. Due to its historical and geographical context, Structure B shows multiple conservation problems, both structural and of the architectural finishes. This study focuses only on the formulation of a sacrificial layer for the protection of the stuccos in Structure B, which are mainly affected by three alteration dynamics: salt crystallization (due to previous

interventions carried out with cement), absorption of direct humidity due to stagnation of water (as a consequence of the deformation of the ground) and the impact of rainfall (due to weather exposure) (Figure 1).

The deformation of the ground generated fissures in Structure B, which were filled with concrete, a source of sulfates that in contact with water dissolve, migrate and crystallize inside the structure causing disintegration and the loss of the lime stuccos. In addition, the long-term natural agents such as the constant reception and absorption of water due to rainfall and the consequent evaporation of direct humidity through the architectural finishes, have caused differential erosion in the stuccos [2] (Figure 2).

Taking into account these alteration mechanisms, the use of sacrificial layers for the long-term preservation of the stuccos of Structure B was proposed since they represent a viable measure to provide mechanical, chemical and thermal protection against alteration factors caused by weather exposure, and act as an evaporation and salt crystallization surface area [3-4]. In addition, the sacrificial layers would contribute to the preservation of the perceptive relations that give cultural significance to the archaeological environment and will act as an alternative to invasive solutions such as roofs, as they interfere with the spatial perception of the archaeological site (Figure 3).



Figure 1. Inclination of the courtyards and Structure B.



Figure 2. Structure B's stucco pathology example.

Based on the revised literature [5-27], in Mexico, sacrificial layers on archaeological structures have been used as stuccos, applied directly on stone materials, as sacrificial floors, as separation layers on re-burials and in the restitution of architectural finishes.

From the reviewed literature it was concluded that the effectiveness of a technique or materials used on the elaboration of a sacrificial layer for a particular site does not imply that it will show the same behavior on others. Thus, materials and techniques need to be adapted to the characteristics of each object or structure. Similarly, according to the experiences on the field, the use of materials different from the original has been counterproductive, so over time it has been chosen to formulate the sacrificial layers

with the same type of materials that make up the structure on which the sacrificial layer will be applied on, thus the results obtained from the field experience respond directly to the objectives of their application, the techniques and materials used, as well as to the environmental conditions and the materials on which they were applied upon.

Considering the conservation conditions and alteration dynamics affecting Structure B, in addition to the information obtained from the field experience on the use of sacrificial layers in Mexico, it was reckoned that the formulated sacrificial layer should have a greater capacity for water absorption compared to the underlying material and be highly porous and resistant in order to promote the migration of water and salt crystallization. In addition, its removal should not represent damages for the original materials. The characteristics of the materials proposed to constitute the sacrificial layers to test are presented next.

Lime

The sacrificial layer will be constituted by lime, since in addition to being a material observed on the original structure, it is characterized by its high capillarity and porosity, making it able to transfer the drying and crystallization areas from the original materials towards the sacrificial layer [4].

Amongst other characteristics and outstanding properties, lime mortars withhold high plasticity or malleability when fresh. They also present a slow setting process and thanks to their composition they do not represent a source of salts that could affect the structure. Likewise, they show a relatively high deformation capacity, which allows them to absorb movements produced in the underlying materials without cracking [28].



Figure 3. Interference of the spatial perception of the archaeological site due to the presence of roofs.

Aggregates

The size, shape and distribution of the aggregates' particles play a fundamental role in the durability and cohesive properties of a mortar since they intervene in its functionality, resistance and permeability. In this aspect, an essential factor in obtaining a mortar with a good performance is the void index, which refers to the proportion of empty spaces in a given volume of aggregates [29].

In mortars with mixed granulometries the smallest particles occupy the remaining spaces between the large particles resulting in a stable mortar and with a low void index compared to that of a mortar with a single-granulometry aggregates. A well-functioning mortar fills these spaces with lime in a balanced way, completely covering all the particles of the aggregates and achieving an optimal cohesion without excess lime, which could cause its contraction and therefore cracking. Measuring the void index of the aggregates allows adding the right proportion of lime to the mortar to make it cohesive and durable [30].

To determine the approximate value of the void index in a given volume of aggregates it is possible to place them in a graduated container and pour water until saturating it, then let it rest for an hour and if necessary, refill the volume of water until the water level matches the level of the volume of aggregates. The total volume of poured water corresponds to the volume of the void. The value of the void index is obtained by dividing the volume of the water poured by the volume of the aggregates after its moistening (since the volume of aggregates tends to decrease when wet). The result indicates the volume of lime required to fill the spaces of a specific amount of aggregates, which can be used as a starting point to determine the proportions of lime needed to obtain a stabilized mortar [29].

During the development of the experimental design of this investigation, the use of more porous aggregates was contemplated in order to obtain a sacrificial mortar more prone to saline crystallization, however; it was proposed to use both the proportion of lime resulting from the calculation of the void index and a proportion with an added third of aggregates in the mixture in order to impoverish it, thus increasing its porosity and make it more prone to the crystallization of salts compared to the first, "stabilized" mortar. It was estimated that impoverishing the mortar would be a sufficient measure to grant porosity to it, hence changing the aggregates in its composition was ruled out.

Additives

The *nopal* mucilage functions as a hydrocolloid: when dissolved or dispersed in water, produces a thickening or gelling of the mixture promoting water retention and the stabilization of emulsions. This characteristic delays the evaporation time of the water in the mixture and allows the formation of larger surface crystals during the setting process, which translates into a physically stronger surface. Moreover, since the *nopal* mucilage keeps the lime

in suspension for a longer period of time, it allows the lime to remain manipulable and with a suitable consistency for its application, facilitating its management [31]. Finally, the addition of the mucilage to the lime improves its adherence to the materials it is applied to [32].

Accordingly, the use of *nopal* mucilage as an additive is proposed to constitute the sacrificial layer for Structure B, as its use grants greater plasticity and manageability to the mixture at the time of application, as well as better mechanical properties derived from a controlled setting process.

Clay layer

Desalination cycles are usually carried out employing poultices or cataplasms, and then the sacrificial layer is applied over to control the remaining salts. The operation mechanism of the poultices is similar to that of a sacrificial mortar, with the unique difference that they are applied for days or weeks and have no decorative or protective functions, but only that of desalination [33].

Organic materials poultices such as lignin are very thin for excessive amounts of salts, and there is a risk that they will not be able to receive all the salts, allowing, for this reason, their migration back into the substrate [34]. However, according to the study conducted by Auras [35], the extraction of salts is more effective with poultices made of clay minerals, as their fine pores produce a high capillary pressure, which translates into high suction when they are in contact with the architectural finishes. For these purposes, the use of diatomaceous earth, clays of attapulgite, sepiolite, montmorillonite or kaolinite is recommended.

With the objective of using the same principles of its use as a poultice in desalination processes, the placement of a layer of clays underlying the sacrificial mortar is proposed for the sacrificial layer of Structure B. With its application it is expected to obtain a higher absorption of humidity and salts towards the surface and therefore towards the sacrificial layer. The use of montmorillonite is proposed, since its structure and reduced electrostatic charge allows a greater inter-laminar space [36], which makes it more expandable, more plastic, cohesive and resistant in comparison with other clays.

Interphase mesh

The use of a mesh as an interphase between the original material and the sacrificial layer is proposed to separate the intervention as well as to denote it and allow its reversibility. Polypropylene, polyester and nylon are inert materials, which make up most of the geotextiles used as interphase in archaeological re-burial methods. It is important to mention that it is planned to use synthetic and non-organic interphase because the latter could react with humidity absorbing and containing it for a longer period of time, which, in addition to its organic composition, could promote the growth of microorganisms. Thanks to the placement of

this mesh the sacrificial materials applied do not interact or interfere in any way with the original materials [37].

Polyamide 6.6, mostly known as Nylon, is characterized by its optimum mechanical properties: high impact resistance and high resistance to fatigue. Likewise, it has excellent resistance to common organic solvents and alkalis, whether strong or weak, and it is not attacked by microorganisms [37]. These qualities allow Nylon to be used as an interphase material for the sacrificial layer of Structure B given its ability to withstand the direct contact and the basicity of the lime.

Tricot tulle was chosen amongst the wide variety of nylon textiles due to the qualities of its fabric, allowing the passage of humidity and the necessary mechanical anchoring for the placement of the sacrificial layer and sufficiently closed to avoid direct contact of the original materials with those of the sacrificial layer.

Experimentation

Preparation of the test samples

Preparation of the base test sample

The experimental tests for the proposed sacrificial layers were carried out on 10 cm × 10 cm × 2 cm *tezontle* plate stones (extrusive igneous rock similar to some of the carved stone skulls on Structure B) prepared with a layer of “base” mortar that aimed at replicating the original stuccos that covered the reliefs of the stone skulls of Structure B. This mortar layer enabled a more realistic evaluation of the behavior of the different sacrificial layer models on substrates with similar characteristics to the original materials.

The mortar with which the original plasters were emulated consisted of basalt aggregates of 0.85 mm to 0.038 mm in a matrix of 60 % of lime in accordance to the petrographic samples made to Structure B by Torres Trejo and Avelar Carmona in 2009 [38] as well as to Terry and Chilingar’s comparative table of visual estimation of percentages [39] (Figures 4 and Figure 5). The application of this “original” mortar was carried out with a trowel obtaining average thicknesses of 2.67 mm. Once the “original” mortar layer was set the different models of sacrificial layers to be evaluated were applied.

Preparation of the different models of sacrificial layers

As mentioned above, the analyzed variables were: the preparation of a balanced mortar obtained by calculating the void index; a weaker or impoverished one to evaluate its capillarity and resistance; the addition of *nopal* mucilage to the mortar to provide mechanical resistance; the placement of a layer of clay to increase the capillarity of the layer, and finally the use of an interphase mesh to denote the intervention (Table 1).

- **Obtaining the mortar with void index (I)**

The amount of lime added to the aggregates was determined by measuring the void index of a given volume of aggregates.

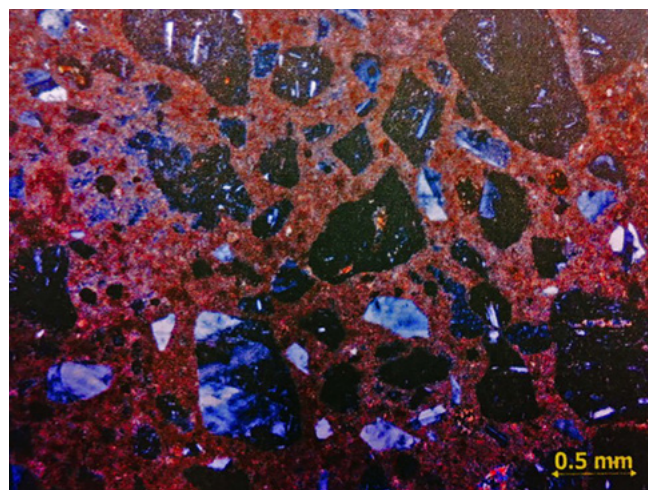


Figure 4. Structure B’s stucco petrography by Torres Trejo and Avelar Carmona [38].

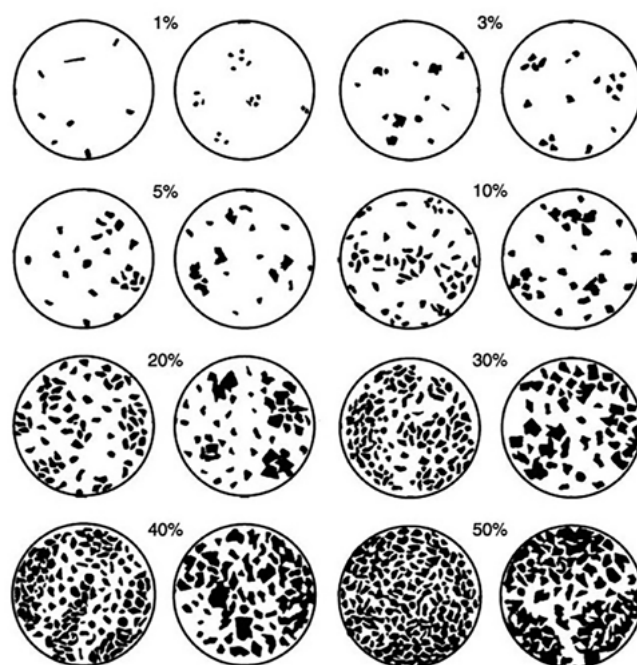


Figure 5. Terry and Chilingar’s comparative table of visual estimation of percentages [39].

For this, the aggregates were placed in a container and water was added until they were saturated. It was left to rest for one hour until the water level remained constant to the volume of the aggregates. The poured water corresponds to the volume of the void between particles and it represents the necessary amount of lime to cover the given amount of aggregates [29].

- **Obtaining the impoverished mortar (I+)**

To obtain the mortar with one-third of added aggregates, one-third of the initial volume of aggregates was added to the mixture obtained in the previous step, resulting in a weaker mortar, poorer in lime, and therefore more porous.

- **Obtaining the nopal mucilage (B)**

The *nopal* mucilage was obtained from *opuntia ficus indica* cladodes. For the extraction of the mucilage, these were

Table 1. Test samples designs obtained from the combination of the elements considered for the sacrificial layer for Structure B.

With mesh	Without mesh	Clay with mesh	Clay without mesh
IM (Void index with mesh)	I (Void index without mesh)	IAM (Void index with clay and mesh)	IA (Void index with clay without mesh)
I+M (Impoverished with mesh)	I+ (Impoverished without mesh)	I+AM (Impoverished with clay and mesh)	I+A (Impoverished with clay without mesh)
IBM (Void index with <i>nopal</i> mucilage with mesh)	IB (Void index with <i>nopal</i> mucilage without mesh)	IBAM (Void index with <i>nopal</i> mucilage with clay and mesh)	IBA (Void index with <i>nopal</i> mucilage with clay without mesh)
I+BM (Impoverished with <i>nopal</i> mucilage with mesh)	I+B (Impoverished with <i>nopal</i> mucilage without mesh)	I+BAM (Impoverished with <i>nopal</i> mucilage with clay and mesh)	I+BA (Impoverished with <i>nopal</i> mucilage with clay without mesh)

sectioned longitudinally. The interior was scraped with a knife and the mucilage was only dragged without making incisions to it. The liquid obtained was passed through a strainer to avoid the presence of impurities such as fibers or solid sections.

The extracted mucilage was placed in several glass crystallizers, which were introduced in an oven at a constant 45 °C to dehydrate it until obtaining a solid mucilage, which was later collected and weighed to obtain the necessary grammage to dilute it in distilled water at 5 %. Subsequently, for the rehydration process, the solid mucilage was placed in a glass beaker, the necessary quantity of distilled water was added to obtain the established concentration of 5 %, and it was mixed with a magnetic stirrer until the lumps were eliminated. Finally, before pouring it into the mortar mixture, it was strained one last time to avoid the presence of solid mucilage residues in the sacrificial layer (Figure 6).

- **Application of the clay layer (A)**

Montmorillonite was used for the test samples with a layer of clay in its constitution, as it is an expansive clay capable of containing high volumes of water. To prevent the clay from absorbing the water contained in the sacrificial mortar provoking it to crack during the drying and setting processes, it was decided to suspend the montmorillonite particles in water until they were saturated and it was later applied in a semi-liquid consistency in three or four layers, resulting in an average thickness of 0.43 mm. Later, the sacrificial mortar was applied, while the clay layer remained humid.

- **Placement of the interphase mesh (M)**

For the test samples with the element of the interphase mesh in its composition, this was placed on the test samples generating tension at the edges to keep it as flat and tight as possible in order to avoid wrinkles and undulations that could physically destabilize the sacrificial layer.

From the combination of variables for the constitution of the sacrificial layers, 16 different models were obtained which were submitted by triplicate to each of the three tests procedures in order to corroborate or refute the results obtained. 144 samples were tested in total.

The experimental tests carried out in this investigation were based on those described in the 1998 ICCROM manual [40] and were performed on the 10 cm × 10 cm × 2 cm *tezontle* plate stones prepared with a 2 mm layer of lime stucco similar

**Figure 6.** Nopal mucilage extraction.

to the ones observed on the original stone skulls of Structure B, and the different sacrificial layers designed, which were applied on each plate stone in a semi-liquid consistency using a brush. Three coats of 1mm each were applied to each of the *tezontle* plate stones. Once the different designs of the sacrificial layer were set, the test procedures were initiated.

Test procedures

Resistance to water abrasion test

This test was carried out in order to emulate the impact of rainfall on Structure B and to identify the combination of elements that would make the sacrificial layer more resistant to water abrasion. During the procedure, the test samples were sprayed at a pressure of 55 psi (38 kg/cm²) with an *Evans* air compressor at a 90° angle at a distance of 5 cm for one hour in 15-minute lapses (Figure 7). Between each lapse, the



Figure 7. IBAM test sample during the resistance to water abrasion test.



Figure 8. I+ test sample during the permeability test with Karsten tube.

abrasion levels were measured and after the elapsed time the maximum dimensions of the reached abrasion in the total time were recorded.

Permeability test with Karsten tube

This test aimed at simulating the absorption of humidity of the lime stuccos of Structure B, for which the Karsten Tube was placed on the surface of each test sample. The edges of the dome were then sealed with waterproof modeling clay or putty, and water was later poured into the cylinder to measure the amount of water absorbed by each test sample in 10-minute lapse (Figure 8).

Resistance to crystallization of salts test

The objective of this test was to measure the resistance of each sacrificial layer model to the crystallization of salts, as well as to determine if the clay layer acts as an absorbent layer and therefore a conductor of the salts towards the sacrificial layer. To perform this test the samples were placed in containers where the *tezontle* plate stones were in contact with a solution of the salts identified in Structure B: sodium chloride (at a concentration of 36 g/ 100 ml); potassium nitrate (at a concentration of 36 g/ 100 ml); anhydrous sodium sulfate (at a concentration of 16.2 g/ 100 ml), and calcium chloride (at a concentration of 74.5 g/ 100 ml) [41,42]. The test samples remained in the saline solution until it evaporated completely; the process was repeated twice. Afterwards, the samples were let to dry for two weeks for later observation.

Results

Resistance to water abrasion test results

After the execution of the test, irregularly eroded surfaces were obtained. Each was classified into four levels of incidence according to the visual assessment of the identified surface extension loss. The established classification includes (Figure 9):

- No apparent effect: No significant alterations were detected in the surface of the sacrificial layer nor in the stability of the samples subjected to the water abrasion test;
- Erosion: Minimal surface alterations that did not significantly decrease the thickness of the sacrificial layer. However, its texture was modified as a consequence of the mechanical impact of the water;
- Perforation: Punctual loss of the sacrificial layer leaving the stucco stratum exposed. Observe that the difference between this classification and the one referred to as "Loss" lies in the extent of the damage observed;
- Loss: Significant missing material in both the sacrificial layer and the stucco stratum.

According to the results of this test, the most resistant sacrificial layer model to water abrasion turned out to be the one constituted by a balanced mortar added with *nopal* mucilage without interphase mesh (IB), while greater affectation and abrasion was observed on weaker

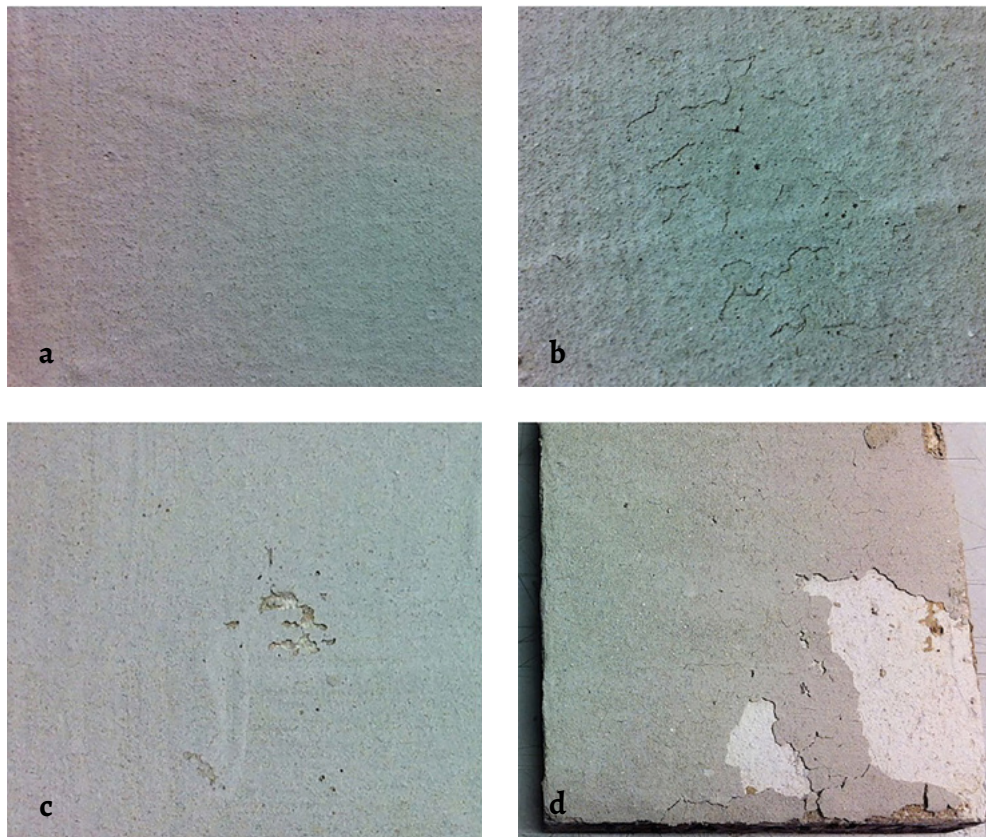


Figure 9. Observed behaviors on the test samples after the water abrasion test: *a*) no apparent effect (test sample IB); *b*) erosion (test sample I); *c*) perforation (test sample IA), *d*) loss (test sample I+A).

or impoverished mortars (I+), which were more fragile to mechanical action.

This test showed that the addition of *nopal* mucilage (B) to the mortar mixture does increase the resistance of the sacrificial layers because of the formation of large crystals due to humidity retention. This increase in the resistance was more evident in the test samples made with a weaker or impoverished mortar (I+). In the test samples without *nopal* mucilage, damage occurred quickly, while in those samples added with *nopal* mucilage (I+B) alteration by water abrasion was significantly delayed.

On the other hand, in the case of the test samples constituted by the weaker or impoverished mortar (I+) combined with the clay stratum (A), the sacrificial layer was seriously affected since the immediate disintegration of the clay layer was identified at the time of exposure to humidity. In this test, it was possible to establish that the clay layer does not provide additional protection or mechanical resistance, but instead damages the sacrificial layer due to the high reactivity of the clays in the presence of humidity.

Permeability test with Karsten tube results

In this test, the most permeable sacrificial layer was composed by the balanced mortar with *nopal* mucilage and an interphase mesh (IBM). Moreover, it was observed that the weaker or impoverished mortar (I+) did not increase the permeability of the sacrificial layer, as opposed to the expected behavior since the mixture turned out to be

more porous but not more permeable, as the pores were not connected to each other. Likewise, the influence of the interphase mesh on the permeability of the systems was identified, as this property increased in most cases possibly because the mesh distributes humidity on the surface of the test sample thus increasing its permeability. On the other hand, in the test samples where the binomial clay-mesh is conjugated, the result is an almost impermeable surface (Figure 10).

Resistance to crystallization of salts test results

With the execution of this test it was possible to identify four different behaviors in the sacrificial layers upon the

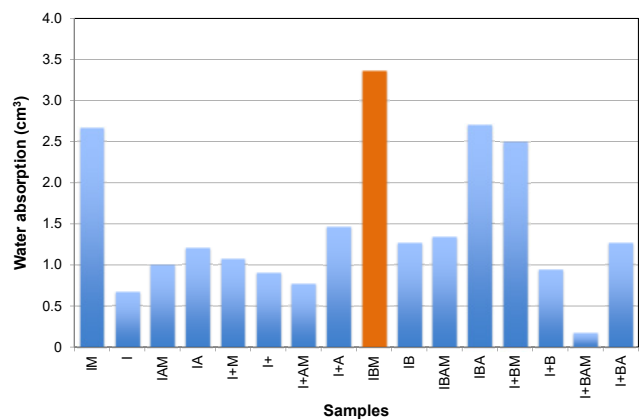


Figure 10. Average results from the Karsten tube permeability test.

crystallization of salts based on their visual assessment (Figure 11):

- Pronounced bulging: significant deformation in the sacrificial layer, as well as fissures, detachments and even loss of material;
- Slight bulging: Insignificant bulges in small areas of the sacrificial layer without causing damage such as fissures or exposure of the underlying strata;
- Uniform crystallization: Very thin but uniform layer of crystallized salts on the sacrificial layer. It is important to mention that in this category no deformations were observed in any of the strata as a consequence of the differential concentration of the deposited salts;
- Minimal crystallization: Only small deposits of salt were observed on the sacrificial layer.

According to the results obtained from this test, the more resistant models of sacrificial layer to salt crystallization are those constituted by the balanced mortar with an interphase mesh (IM), a balanced mortar added with *nopal*

mucilage with a mesh interphase (IBM), and a weaker or impoverished mortar added with *nopal* mucilage without an interphase mesh (I+B).

As observed in the results of the permeability test with Karsten tube, weaker or impoverished mortars may be more porous but not necessarily more permeable. Hence, during the resistance to the crystallization of salts test, the kind of pores in the test samples failed to transfer the evaporation and salts towards the surface of the applied sacrificial layer, making this type of samples the ones with fewer alterations due to this condition. In this regard, it is important to mention that for treatments such as the extraction of salts from a structure by using a sacrificial layer method, mortars that are less dense and more porous in comparison with the original material are generally used, so deliberately impoverished mortars are used by adding porous aggregates to obtain additional spaces where the crystallized salts can be housed [33].

Thanks to this test it was possible to identify that the test samples with a clay layer are not suitable for transferring the crystallization products towards the surface of the sacrificial layer. Although the clay did absorb more water as they were the first samples to show surface crystallization, most of the salts at the end of the test ended up crystallizing in the clay layer and not in the sacrificial one, since they retained all the humidity in that stratum and failed to transmit it to the sacrificial layer. This circumstance caused the entire system to disintegrate. Also, the test samples with clay in their composition were the first to show alterations such as fissures, bulges and losses (Figure 12).

Discussion

According to the results of the tests it was resolved that the balanced mortar (I) added with *nopal* mucilage (B) with interphase mesh (M) would be the best option of the sacrificial layers to be applied due to its performance shown in the tests, where it was little affected by the mechanical action of water abrasion, allowed the crystallization of the



Figure 11. Resistance to crystallization of salts test: a) pronounced bulging; b) slight bulging; c) uniform crystallization; d) minimal crystallization.



Figure 12. Test sample constituted by a balanced mortar added with *nopal* mucilage with a layer of clay without interphase mesh (IBA) after the resistance to crystallization of salts test: a) pronounced bulging due to the crystallization of salts on the clay stratum; b) fissures formed on the surface of the sample observed under Aven digital microscope at 20 \times ; c) salt crystals formed in the clay stratum observed under Aven digital microscope at 5 \times .

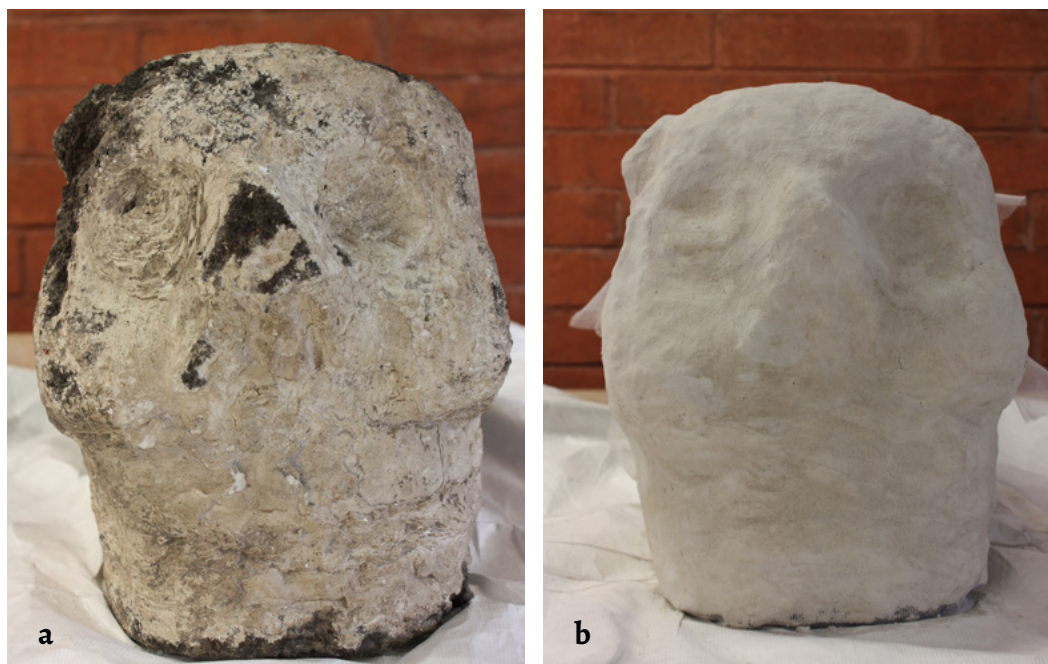


Figure 13. Application of sacrificial layer with stabilized mortar added with nopal mucilage with interphase mesh (IBM): a) stone skull before application; b) stone skull after application.

salts without showing macroscopic alterations and did not alter the permeability of the system.

It is considered that in this model of sacrificial layer the balanced mortar gave the mixture enough structure and the added lime with the contained void index made it sufficiently permeable, the *nopal* mucilage additive gave it resistance to mechanical impact as well as general resistance to contact with direct humidity as a result of the formation of larger crystals by slowed setting, also slightly increased its permeability. Similarly, the mesh increased the permeability of the system by uniformly distributing the humidity on the surface, in addition to ensuring reversibility to the intervention.

For this reason, the application of this sacrificial layer model on original material was carried out to corroborate whether said model respects the plastic qualities of the carvings as well as the stucco strata of the stone skulls. The application was carried out on stone skulls from the Archaeological Site of the *Templo Mayor* with similar characteristics to those observed on Structure B. It is important to mention that the specimens on which the sacrificial layers were applied were not submitted to any of the resistance tests, because its application pursued the sole objective of observing whether the sacrificial layer applied would affect the plastic qualities of the stone skulls and their multiple layers of stucco. Likewise, one of the requirements for the application of the sacrificial layers was that the stone skulls presented previous consolidation works so that if the elimination of the applied layers were necessary, the original stuccos would not be affected.

The nylon tricot tulle mesh was placed over the first stone skull to intervene. After the placement of the interphase

mesh, the surface of the stone skull was moisturized with a sprinkler and then three layers of the balanced mortar added with *nopal* mucilage (IBM) were applied. The application was made using a soft hairbrush to make it as homogeneous as possible.

In this case the sacrificial layer was applied on the entire surface of the stone skull (including the stone) and not only on the stuccos since due to the pronounced reliefs of the stone skull, difficulties were encountered in placing and tightening the interphase mesh, so that cutting it in the sections of the exposed stone would generate the loss of tension and putting at risk the stability of the sacrificial layer.

The application of this sacrificial layer limited the visibility of the details of the carvings and the multiple strata of stucco due to the difficulty to achieve the tension of the mesh during the application of the sacrificial layer and at the same time respect the details of the stone skull (Figure 13). Moreover, the thickness of the mesh, added to that of the sacrificial mortar, caused the loss of details both in the stucco layers and in the carvings of the stone skull.

As a result, it was decided to apply a sacrificial layer with the same characteristics as the prior but without the interphase mesh (IB) on a new stone skull. In this case the sacrificial layer was applied directly on the stone skull to observe if the stucco layers remained evident after the application. Since in this occasion there would be no interphase mesh, the sacrificial layer was not applied directly on the stone but only on the areas with stucco. As before, the surface of the stone skull was moistened, and the sacrificial layer was applied with brushes.

In this occasion, it was observed that the particles of the mortar are housed between the stucco layers. Thus,

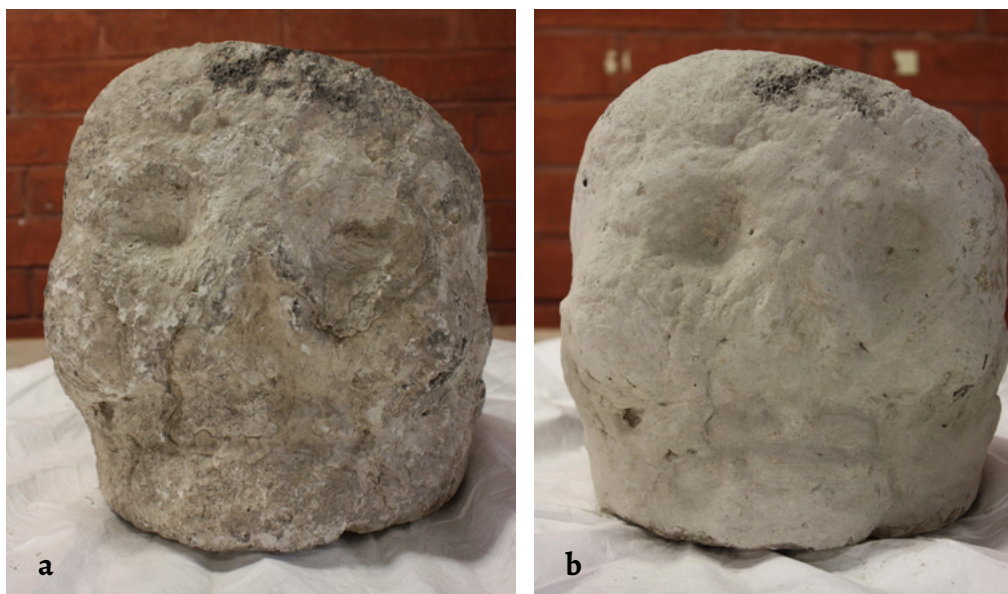


Figure 14. Application of sacrificial layer with stabilized mortar added with nopal mucilage without interphase mesh (IB): *a)* stone skull before application; *b)* stone skull after application.

after the application of three layers of the sacrificial layer the perception of the different strata ends up nearly lost and is perceived as one. However, in comparison with the previous case, the reliefs of the carvings remained visible and the image of the stuccos was homogenized (Figure 14). The application of the proposed sacrificial layer but without the interphase mesh allows the surface to be unified, which promotes the highlighting of the carvings on the stone.

From the application of the sacrificial layers on original material, it was found that the placement of the interphase

mesh in addition to hindering its application, causes the loss of many of the details of the stone carvings and stucco layers since for its correct operation the mesh requires to remain tense. Said tension, along with the thickness of the fabric, causes the interphase to obstruct the perception of the plastic qualities of the stone skulls (Table 2).

On the other hand, the application of the sacrificial layer without the element of the interphase mesh was more respectful of the carvings but, due to the aggregates of the mixture filling the spaces from the strata, slightly obfuscates the perception of the multiple stucco layers despite having been applied in a semiliquid consistency. This aspect can be beneficial because it homogenizes the stuccos causing the stone carvings to stand out.

Therefore, with the obtained results, the use of the interphase mesh for the sacrificial layer proposed for Structure B was ruled out, since its use is not relevant on relief surfaces.

It is important to mention that the elimination of the sacrificial layers applied directly on the original surface of the stone skulls was performed with dissection needles, spatulas and soft brushes and it was possible to accomplish without damaging the original stuccos (Figure 15), however it is estimated that in the case of applying the sacrificial layers directly on Structure B, its own alteration dynamics caused by the exposure to the weather would gradually eliminate them.

Conclusions

After evaluating the average behavior of each of the sacrificial layer models, the results of this investigation indicated that a balanced mortar (made in a suitable proportion between lime and aggregates) added with



Figure 15. Stone skull half way through the sacrificial layer removal process.

Table 2. Results behaviors of the tested samples.

Samples	Results		
With mesh	IM	B	Stable mortar has appropriate characteristics and mechanical resistance but is less resistant when compared with a stable mortar added with nopal mucilage
	I+M	E	Impoverished mortar was heavily affected during the water abrasion test, especially if conjugated with the clay stratum
	IBM	C	Interphase mesh obfuscates the reading of the stone carvings and stucco layers, hence not appropriate to apply on a surface with reliefs
	I+BM	D	Impoverished mortar added with nopal mucilage is more resistant to the tests as a consequence of the added mucilage but is less stable than a balanced mortar
Without mesh	I	B	Stable mortar has appropriate characteristics and mechanical resistance but is less resistant when compared with a stable mortar added with nopal mucilage
	I+	E	Impoverished mortar was heavily affected during the water abrasion test, especially if conjugated with the clay stratum
	IB	A	Stable mortar added with nopal mucilage is resistant enough to endure Structure B's alteration dynamics and does not affect the plastic qualities of the stone carvings and stuccos
	I+B	D	Impoverished mortar added with nopal mucilage is more resistant to the tests as a consequence of the added mucilage but is less stable than a balanced mortar
Clay with mesh	IAM	F	Clay stratum diminished permeability during the Karsten tube test and failed to transfer the humidity towards the sacrificial layer causing the test sample to lose stability during the crystallization of salts test
	I+AM	E	Impoverished mortar was heavily affected during the water abrasion test, especially if conjugated with the clay stratum
	IBAM	F	Clay stratum diminished permeability during the Karsten tube test and failed to transfer the humidity towards the sacrificial layer causing the test sample to lose stability during the crystallization of salts test
	I+BAM	D	Impoverished mortar added with nopal mucilage is more resistant to the tests as a consequence of the added mucilage but is less stable than a balanced mortar
Clay without mesh	IA	F	Clay stratum diminished permeability during the Karsten tube test and failed to transfer the humidity towards the sacrificial layer causing the test sample to lose stability during the crystallization of salts test
	I+A	E	Impoverished mortar was heavily affected during the water abrasion test, especially if conjugated with the clay stratum
	IBA	F	Clay stratum diminished permeability during the Karsten tube test and failed to transfer the humidity towards the sacrificial layer causing the test sample to lose stability during the crystallization of salts test
	I+BA	D	Impoverished mortar added with nopal mucilage is more resistant to the tests as a consequence of the added mucilage but is less stable than a balanced mortar

nopal mucilage (IB), resists the mechanical action of water abrasion and allows the crystallization of salts without showing macroscopic alterations. Moreover, it does not alter the permeability of the system, making it a suitable alternative to protect the original lime stuccos of Structure B. This sacrificial layer model can deteriorate instead of the original materials in addition to respecting the plastic attributes of the stone carvings and stucco layers.

The investigation made it possible to identify that the use of montmorillonite clays as an intermediate layer between the original material and the sacrificial layer does not contribute to the migration of salts towards it but favors its crystallization on the clayey stratum causing bulges on the surface. Also, it was found that the use of weaker or impoverished mortars does not necessarily increase the permeability of the sacrificial layer and does not promote the crystallization of salts on the surface. Furthermore, these mortars suffer a decrease in its mechanical resistance to alteration factors such as rainfall,

thus are not a viable option as a conservation treatment. In the results of the permeability test, it was observed that a weaker or impoverished mortar can be more porous but not more permeable according to the size of the pores and its capillary responses.

In this subject, it is important not to assume that an impoverished mortar benefits in all cases to the process of evaporation, while it is important to consider that impoverishing a mortar can compromise its physical stability and that of the sacrificial layer system. Finally, the addition of *nopal* mucilage to the mortar proved to significantly increase its resistance to the mechanical action of water abrasion even in the impoverished test samples.

It is worth mentioning that there is not and should not be a general formulation for the sacrificial layer, being important to have a throughout understanding of the structure or object in hands, environmental conditions and expected alterations. This investigation is essential not only to identify the real needs of the structure in hands but also to set the

objectives to be achieved with that sacrificial layer system for its long-term conservation. The qualitative methodology proposed in this study included the characterization and categorization of the results through the establishment of visual assessment parameters, being, for this reason, recommended to be applied in different contexts. Finally, the fact no specialized equipment or tools are need makes this methodology easy to adjust and replicate to other case studies [43].

Acknowledgements

This research is derived from the *Proyecto para la conservación del Edificio B "Altar de Cráneos" de la Zona Arqueológica de Templo Mayor*, developed since 2009 by the Seminario Taller de Restauración de Obra Mural of the National School of Conservation, Restoration and Museography "Manuel del Castillo Negrete" along with the Museum and archaeological site of *Templo Mayor*. Many thanks to Leonardo López Lujan, Patricia Ledesma, María Barajas, Jaime Torres, Martha Tapia, Martha Lameda, Marlene Sámano, Irlanda Fragoso, Diana Medellín, Judith Alva, Abigail Flores, Alejandra Lechuga, Vanessa Castillo and Mirell Betanzo.

REFERENCES

- Ezcurra, E.; Mazari, M.; Pisanty, I.; Aguilar, A., *La Cuenca de la Ciudad de México*, Fondo de Cultura Económica, Mexico (2006).
- Fragoso, I.; Sámano, M., 'Proyecto para la conservación del Edificio B Altar de Cráneos', Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, Mexico (2010).
- Koller, M., *Sacrificial Layers for Conservation of Stone. Theory and Practice*. ICCROM, Venice (1997).
- Alonso-Olvera, A.; Meehan Hermanson, P., 'Los recubrimientos de protección y sacrificio como alternativa de conservación in situ para monumentos históricos y arqueológicos', in *La Cal. Historia, Propiedades y Usos*, ed. L. B. Pingarrón & I. S. Villaseñor, Instituto de investigaciones antropológicas: UNAM, DF, Mexico (2013) 205-231.
- Aguilar Gutiérrez, M. A.; Alcántara Mejorada, M.; Benavides Soriano, K.; Castellanos Frías, I. A.; Egea, A.; Fernández, J.; Flores, R.; Giraldo, I.; Gutiérrez, C.; Hoyos, S.; Jiménez, K.; Lemoine, I.; Lira, D.; Milán, A.; Morales, A.; Palomino, H.; Peláez, A.; Ramirez, A.; Rojas, R.; Ruiz, M.; Ruiz, R.; Téllez, C.; Téllez, L.; Torres, M.; Vásquez, A.; Vásquez, G.; Vega, D., 'Proyecto Palenque ENCRyM 2014: Informe de las actividades de restauración', ENCRyM-INAH, Mexico (2014).
- Alonso-Olvera, A.; Meehan Hermanson, P., 'Primer informe de los trabajos de conservación y restauración de los elementos decorativos de la acrópolis de la zona arqueológica de Ek'Balam, Yucatán. 1.^a temporada de trabajo', CNCPC-Centro INAH Yuctán-INAH, Mexico (2001).
- Arano Recio, D. E.; Jáidar Benavides, Y.; Muerza Avendaño, B. A.; Ruiz Martín, M.; Cárdenas Carbajal, J.; Guzmán Solano, M.; Hernández Romero, P., 'Informe de los trabajos de conservación del friso de estuco de Balamkú, Campeche', CNCPC-ENCRyM-INAH, Mexico (2000).
- Brown, R. B.; Sandoval, B.; Orea, M. H., 'La protección y conservación de las estructuras de adobe en Paquimé, Casas Grandes, Chihuahua', CNCPC-INAH, Mexico, (1990).
- Chan Verduzco, J. R., 'Conservación de la zona arqueológica de Balamkú, Campeche', CNCPC-INAH, Mexico (1991).
- García Solís, C. A., 'Restauración de Becán y Chicanná, Campeche. Informe de actividades', CNCPC-INAH, Mexico (2001).
- García Solís, C. A.; Valencia Pulido, S. B., 'Proyecto Chicanná, Campeche', CNCPC-INAH, Mexico (1996).
- García Solís, C. A.; Valencia Pulido, S. B., 'El deterioro de piedra en la zona arqueológica de Chicanná, Campeche y una propuesta para su conservación', Bachelor dissertation, ENCRyM-INAH, Mexico (1997).
- García Solís, C.; Vázquez Veiga, A., 'Informe de las actividades del proyecto de conservación de los elementos modelados en estuco y pintura mural de Mayapán, Yucatán', CNCPC-ENCRyM-INAH, Mexico (2010).
- García Vierna, V., 'Informe de las labores realizadas en las zonas arqueológicas de Becán y Chicanná', CNCPC-INAH, Mexico (2000).
- García Vierna, V., 'Proyecto para la intervención del friso de Balamkú, Campeche', CNCPC-INAH, Mexico (2003).
- Jáidar Benavides, Y.; Ruiz Martín, M., 'Proyecto arqueológico de Becán, Campeche. Informe anual', CNCPC-INAH, Mexico (2004).
- Jáidar Benavides, Y., 'Conservación emergente del mascarón de estuco de la estructura x del sitio arqueológico de Becán, Campeche', CNCPC-INAH, Mexico (2010).
- Magar Meurs, V.; Meehan Hermanson, P., 'Proyecto de conservación e investigación de pintura mural en la costa oriental de Quintana Roo. Informe de temporada de campo', CNCPC-INAH, Mexico (2012).
- Orea Magaña, H.; Sandoval, B.; Espinoza Chávez, A., 'Anteproyecto de restauración y conservación de los restos arqueológicos de la zona arqueológica de Paquimé, Chihuahua', CNCPC-INAH, Mexico (1993).
- Orea Magaña, H.; Sandoval, B., 'Informe de los trabajos de conservación de materiales arqueológicos. Proyecto especial Xochicalco', CNCPC-INAH, Mexico (1994).
- Rivero Chong, R., 'Informe parcial del proyecto de conservación del Templo de Quetzalcóatl', CNCPC-INAH, Mexico (2004).
- Rivero Chong, R., 'Proyecto de conservación del Templo de Quetzalcóatl', CNCPC-INAH, Mexico (2004).
- Rivero Chong, R., 'Anteproyecto de conservación del Templo de Quetzalcóatl. 2^a temporada', CNCPC-INAH, Mexico (2005).
- Rivero Chong, R., 'Proyecto de conservación del templo de Quetzalcóatl. 3^a temporada', CNCPC-INAH, Mexico (2006).
- Rivero Chong, R., 'Proyecto de restauración del Templo de Quetzalcóatl', CNCPC-INAH, Mexico (2006).
- Severiano Flores, V. G., 'Proyecto de conservación del Templo de Quetzalcóatl, Teotihuacán', CNCPC-INAH, Mexico (2009).
- Severiano Flores, V. G., 'Proyecto de conservación del Templo de Quetzalcóatl, Teotihuacán', manuscript, CNCPC-INAH, Mexico, (2011).
- Alejandre Sánchez, F., *Historia, Caracterización y Restauración de Morteros*, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain (2002).
- The Preservation of Historic Architecture: the U. S. Government's Official Guidelines for Preserving Historic Homes*, The Lyons Press, Guilford, Connecticut (2004).
- Henry, A.; Stewart, J., *Practical Building Conservation: Mortars, Renders & Plasters*, Ashgate, Farnham (2011).
- Martínez Camacho, F., 'El mucílago de nopal como alternativa

- para la consolidación de adobe. Estudio de un caso: el Templo de la Antigua Misión de Nuestra Señora del Pilar y Santiago de Cocóspera, Sonora', bachelor dissertation, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, Mexico (2009).
32. Cruz Flores, S., 'El mucílago de nopal como aditivo de las pastas de cal empleadas en conservación', in *La Cal. Historia, Propiedades y Usos*, ed. L. B. Pingarrón & I. S. Villaseñor, Instituto de investigaciones antropológicas: UNAM, Mexico (2013) 185-204.
 33. Young, D., *Salt Attack and Rising Damp. A Guide to Salt Damp in Historic and Older Buildings*, South Australian Department for Environment and Heritage, Adelaide (2008).
 34. Grave, J.; Krage, L.; Lusi, R.; Vitina, I., 'Desalination of brick masonry and stone carvings in Capitulum hall of Riga Dome Cathedral', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **25** (2011), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/25/1/012004>.
 35. Auras, M., *Poultices and Mortars for Salt Contaminated Masonry and Stone Objects*, Institute for the conservation of stone, Mainz, Germany (2008).
 36. Domínguez, J.; Schifter, I., *Las Arcillas: El Barro Noble*. Fondo de Cultura Económica, Mexico (1992).
 37. Kavazanjian, E. J., 'The use of geosynthetics for archeological reburial', *Conservation and Management for Archeological Sites* **6**(3-4) (2004) 377-393, <https://doi.org/10.1179/135050304793137847>.
 38. Torres Trejo, J.; Avelar Carmona, A. L., 'Informe del análisis realizado a tres muestras de materiales constructivos procedentes del Edificio B del Templo Mayor de Tenochtitlan', Laboratorio de Geología, ENCRyM-INAH, Mexico (2009).
 39. Terry, R.; Chilingar, G., 'Summary of "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations" by MS Shvetsov', *Journal of Sedimentary Petrology* **25** (3) (1955) 229-234.
 40. Teutonico, J., *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*, ICCROM, Rome (1988).
 41. Sánchez Ibarrola, A., 'Reporte de identificación de sales presentes en el Edificio B de Templo Mayor', ENCRyM-INAH, Mexico (2011).
 42. Baglioni, P.; Giorgi, R., 'Reporte de los resultados de los análisis con espectroscopía infrarroja del *Tzompantli* en el sitio arqueológico de Templo Mayor', University of Florence (2010).
 43. Carmona, E., 'Propuesta para la elaboración de capas de sacrificio para el Edificio B ('Altar de Cráneos') del Templo Mayor', Bachelor dissertation, ENCRyM-INAH, Mexico (2017)

RECIBIDO: 2018.11.30

REVISTO: 2019.4.5

ACEPTADO: 2019.4.7

ONLINE: 2019.5.14



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>.

Análisis de imágenes digitales con DStretch como soporte a la restauración virtual de una pintura mural histórica en San Cristóbal de la Laguna

ALBA FUENTES-PORTO^{1*}
OVIDIA SOTO-MARTÍN²
JORGE MARTIN-GUTIERREZ³

1. Servicio de Análisis y Documentación de Obras de Arte (SADOA-SEGAI), Universidad de La Laguna.

2. Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Universidad de La Laguna.

3. Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería, Universidad de La Laguna.

* albfuentesporto@gmail.com

Análise de imagens digitais com DStretch como suporte do restauro virtual de uma pintura mural histórica em San Cristobal de La Laguna

Analysis of digital images with DStretch as a support for the virtual restoration of an historical mural painting in San Cristóbal de La Laguna

Resumen

Este artículo expone el uso de la herramienta de análisis de imágenes DStretch aplicada al estudio y análisis formal de unas pinturas murales dieciochescas en la Iglesia de San Agustín de San Cristóbal de La Laguna, ciudad Patrimonio de la Humanidad en España. La tecnificación de la documentación digital ha hecho posible recuperar virtualmente este conjunto pictórico, en la actualidad en un estado de deterioro muy avanzado a causa de un incendio sufrido en 1964. Se propone una metodología de trabajo para lograr una recreación fidedigna y rigurosa apoyada en el software libre DStretch. Esta herramienta, concebida para la investigación del arte rupestre, se sustenta en el tratamiento digital de imágenes a través de la aplicación de procesos automáticos de decorrelación. El método expuesto ha resultado ofrecer una interesante aplicabilidad en el estudio de la pintura mural histórica analizada y potenciar la objetividad de su reintegración virtual.

Resumo

Este artigo expõe o uso da ferramenta de análise de imagens DStretch aplicada ao estudo e análise formal de pinturas murais do século XVIII da igreja de San Agustín de San Cristóbal de La Laguna, cidade espanhola classificada como Património da Humanidade. A modernização da documentação digital permitiu recuperar virtualmente este conjunto pictórico, actualmente em estado de deterioração muito avançado devido a um incêndio ocorrido em 1964. Propõe-se uma metodologia de trabalho para alcançar uma recriação fiel e rigorosa, apoiada no programa livre DStretch. Esta ferramenta, concebida para a investigação de arte rupestre, baseia-se no tratamento digital de imagens através da aplicação de processos automáticos de decorrelação. O método exposto acabou por oferecer uma aplicabilidade interessante no estudo da pintura mural histórica analisada e potenciar a objectividade da sua reintegração virtual.

Abstract

This paper proposes the use of the DStretch image analysis tool applied to the study and formal analysis of eighteenth-century mural paintings in the San Agustín Church of San Cristóbal de La Laguna, a World Heritage city in Spain. Thanks to the technification of digital documentation, it has been possible to recover virtually this pictorial group that currently is almost completely lost due to a fire occurred in 1964. A work methodology that aims to achieve a reliable and rigorous recreation is proposed, supported by free software DStretch. This tool, which is conceived for research on rock art, is based on decorrelation processes, used in digital image treatment, which improve the readability of an image. The method offers an interesting applicability to the study of the historical mural painting analyzed and enhance the objectivity of its virtual reintegration.

PALABRAS CLAVE

DStretch
Análisis Digital de Imagen
Decorrelación
Reintegración virtual
Pintura mural

PALAVRAS-CHAVE

DStretch
Análise Digital de Imagens
Decorrelação
Reintegração virtual
Pintura mural

KEYWORDS

DStretch
Digital Image Analysis
Decorrelation
Virtual reintegration
Mural painting

Introducción

Las pinturas murales y frescos son bienes patrimoniales altamente sensibles al deterioro, por lo que en numerosas ocasiones vemos cómo unas condiciones ambientales inestables, o problemas estructurales derivados de los inmuebles que las albergan, alteran sus valores plásticos además de afectar a su integridad matérica. Humedades procedentes del soporte mural, eflorescencias salinas, biodeterioro o intervenciones históricas poco respetuosas como los encalados pueden afectar a la correcta apreciación de sus representaciones pictóricas llegando incluso a ocultar por completo su superficie.

Puesto que toda intervención debe sustentarse en una comprensión exhaustiva del bien a intervenir, los conservadores-restauradores cuentan con gran cantidad de métodos e instrumentos que permiten recuperar gran cantidad de información acerca de su entidad estética y matérica. Así, los registros en el espectro visible e invisible – análisis multiespectral, fotografía de fluorescencia ultravioleta, reflectografía infrarroja – permiten examinar pintura y soporte, conocer la técnica empleada o recuperar elementos imperceptibles a simple vista [1-3]. Otras técnicas analíticas como la cromatografía, la espectrometría de masas y de absorción atómica, la fluorescencia de rayos X o la microscopía electrónica de barrido nos ayudan a caracterizar la composición química de sus morteros y policromías [4-6]; o a profundizar en el estudio y diagnóstico del deterioro que las afecta, como la termografía infrarroja estática, la espectroscopia, el tapping, etc. [7-10].

Son métodos de alto rendimiento en sus campos de aplicación, pero no son universales y accesibles para todo tipo de proyectos debido al coste elevado de muchos de estos equipos y la formación requerida para llevarlos a cabo. Incluso algunos de ellos pueden llevar mucho tiempo de dedicación llegando a ser un trabajo agotador, por ejemplo, la detección de defectos en pinturas murales de gran formato (en iglesias) a través del análisis de tapping con los dedos [8].

En este trabajo exponemos una propuesta metodológica que pretende contribuir a la mejora del estudio formal en pinturas murales altamente deterioradas optimizando la visibilidad de sus representaciones pictóricas, lo que nos ayudará a la alcanzar una hipótesis formal sólida a la hora de abordar una reintegración. Para ello nos apoyamos en una herramienta informática gratuita de uso sencillo, conocida como DStretch.

DStretch es una herramienta de registro y documentación de arte rupestre, que ha demostrado ofrecer resultados muy significativos en este campo [11-12]. Su uso se sustenta en la mejora de la legibilidad de las representaciones digitales, aumentando las diferencias de tonalidad entre sus canales a través de la aplicación de algoritmos de decorrelación, y generando imágenes en falso color capaces de destacar aspectos formales apenas perceptibles [13-15].

Su aplicación experimental sobre las pinturas históricas

que se expone en este artículo ha resultado de interés, al permitirnos apreciar con mayor claridad trazos y aspectos de su composición original, anteriormente difíciles de visualizar. Con ello demostramos que modificar los canales RGB de una imagen digital es un modo de obtener información de pinturas murales cuyo avanzado estado de deterioro dificulta la correcta apreciación de sus representaciones pictóricas.

El objetivo general del trabajo que aquí se expone es abordar la reintegración virtual de las pinturas murales dieciochescas de la Iglesia de San Agustín, en San Cristóbal de La Laguna. Pinturas y templo se encuentran prácticamente perdidos en la actualidad debido a un incendio que afectó a la totalidad del inmueble y a su posterior abandono; por lo que esta reintegración digital se incluye dentro de un ambicioso proyecto de reconstrucción virtual que recupera el antiguo esplendor de este castigado edificio. Para el tratamiento digital de los frescos nos proponemos los siguientes objetivos específicos:

- Materializar la reintegración a partir de una hipótesis formal sólida que recupere de forma fidedigna el aspecto original de las pinturas.
- Acometer un estudio visual directo y documental para sustentar la hipótesis formal.
- Recuperar motivos ocultos a simple vista por medio del análisis de imagen de sus registros digitales con DStretch.
- Contribuir a la validación de DStretch como herramienta óptima para el estudio de pinturas murales fuera de su contexto de aplicación original [16], el arte rupestre.

A la vista de los objetivos nos marcamos una hipótesis del trabajo que pretende validar que “el uso de DStretch como software de análisis de imágenes para la recuperación de representaciones ilegibles en pinturas murales deterioradas es efectivo”.

Los trabajos desarrollados no sólo confirman el interés que ofrece DStretch fuera de su contexto de aplicación original, sino que permiten abordar con solidez la reintegración digital de estos frescos. Esto supone una aportación a la innovación en la metodología de estudio de pinturas murales deterioradas.

En los próximos epígrafes se expone el contexto en el que se realiza la intervención y los detalles del proyecto en el que se integra este trabajo. A continuación, se describe la metodología a través de trabajo experimental desarrollado, explicando las características del análisis digital de imagen, pasando finalmente a exponer los resultados obtenidos y las conclusiones.

Contexto

La ciudad de San Cristóbal de La Laguna, situada en las Islas Canarias, dispone de un casco histórico declarado Bien Cultural Patrimonio de la Humanidad en 1999, consecuencia



Figura 1. a) Fachada principal de la antigua Iglesia de San Agustín. Autor: Adalberto Benítez, SGI Fototeca. b) Paso de Semana Santa procesionando frente a la fachada lateral del templo. Estudio García.

del valor universal y excepcional que tuvo la concepción del plano urbano de la ciudad, que se remonta al siglo XV.

La Laguna es el primer ejemplo de ciudad española no fortificada, que sirvió como modelo para los asentamientos españoles en América durante la época colonial [17]. Entre los numerosos templos, conventos, ermitas, plazas, casonas y palacios que se asientan en las calles en forma de cuadrícula de esta urbe, la iglesia y ex-convento de San Agustín han desempeñado un destacado protagonismo en la vida espiritual y cultural de esta ciudad (Figura 1). Se trata de uno de los templos más antiguos de Canarias, fundado en 1506 por los frailes agustinos Andrés de Góes y Pedro de Cea, llegados con el conquistador y primer Adelantado de la Isla de Tenerife, Don Alonso Fernández de Lugo, fundador y constructor de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna [18].

En el interior del templo gozaban de especial protagonismo las majestuosas pinturas murales que decoraban su doble presbiterio, encuadrando con majestuosidad el gran baldaquino central junto con el altar, centro espiritual del recinto. Atribuidas al pintor tinerfeño Félix Padrón (1744-1814) [19], fueron realizadas en torno a 1780 bajo un programa ideológico concebido como una exaltación de los padres de la Iglesia, santos, teólogos e intelectuales relacionados

con el misterio eucarístico [18]. Todo ello enmarcado por una recreación arquitectónica de corte clasicista y gusto dieciochesco con abundantes marmoleados y decoraciones vegetales (Figura 2). Estos trampantojos – trampa ante el ojo –, trompe-l'oeil o cuadratura, constituyeron un típico recurso pictórico de carácter artificioso y teatral, siendo ampliamente utilizado en las techumbres y paramentos de las iglesias desde mediados del siglo XVIII [5]; si bien supuso una novedad en el contexto local.

El día 2 de junio de 1964 este templo religioso sufrió un gran incendio, sumiéndolo en un estado ruinoso hasta nuestros días y destruyendo gran parte de este patrimonio pictórico de gran valor artístico (Figura 3).

En los últimos años han surgido algunas iniciativas, ideas y proyectos de recuperación del espacio de la Iglesia San Agustín. En concreto, en el año 2005, el Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna convocó un concurso de proyectos de rehabilitación para este espacio. La propuesta ganadora [20] pretende revivir la antigua iglesia como una mediateca destinada a dinamizar y actualizar el centro urbano de la ciudad. La remodelación contempla consolidar las ruinas de la iglesia y antiguo convento agustino para convertirlas en una plaza pública cubierta dedicada al esparcimiento

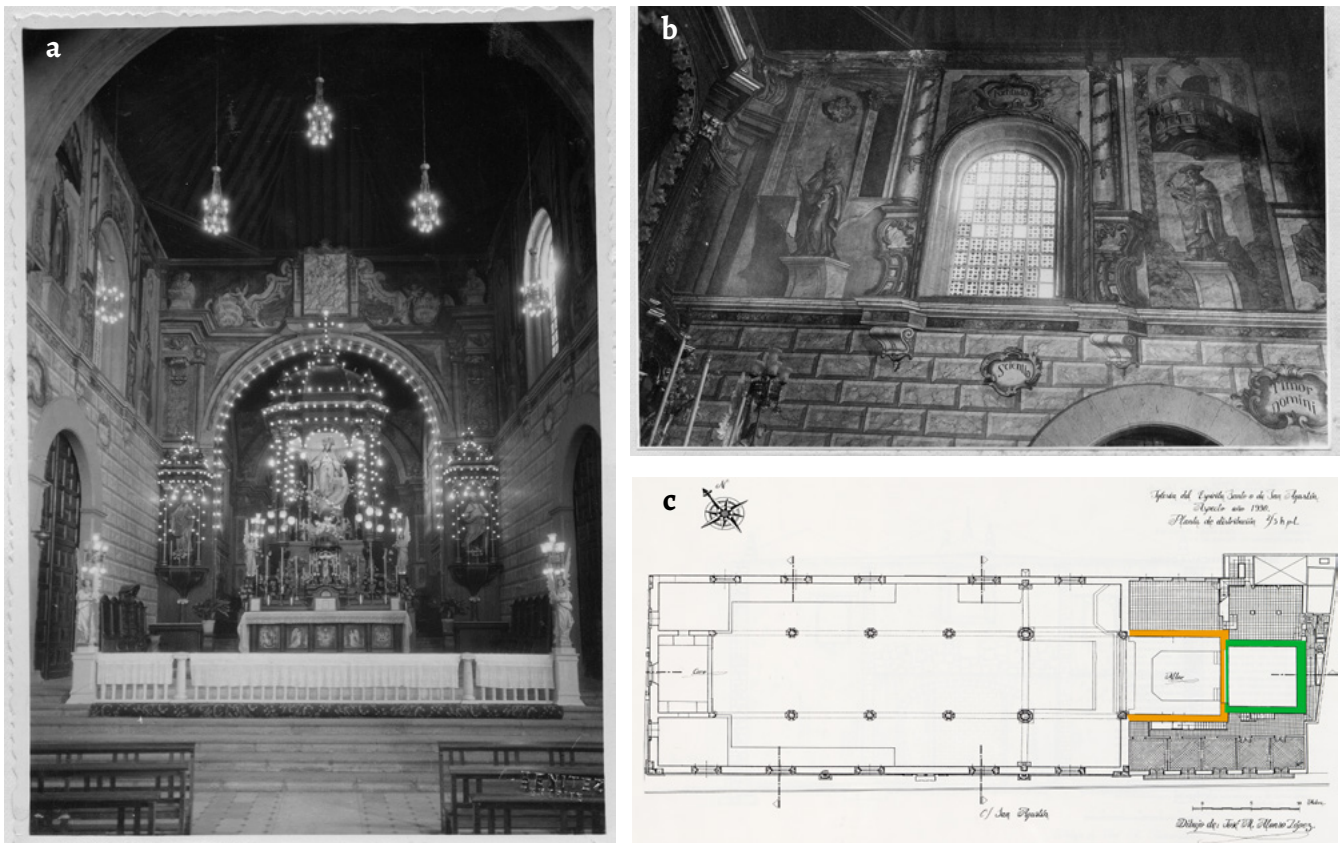


Figura 2. a) Fotografía histórica de la cabecera de San Agustín, donde podemos ver el primer cuerpo de sus murales desplegándose en torno al altar y un segundo cuerpo apuntando tras el presbiterio. Autor: Adalberto Benítez, SGI Fototeca. b) Detalle del lateral izquierdo. Autor: Agustín Guerra Molina, SGI Fototeca. c) Planimetría histórica sobre la que detallamos la disposición de ambos cuerpos, el primero en amarillo y el segundo en verde.

de los vecinos y a la organización de actividades lúdicas y culturales; de modo que el trabajo que aquí se presenta podría constituir una referencia de cara a su restauración.

El desarrollo que ha experimentado el empleo de las nuevas tecnologías aplicadas al patrimonio cultural ha permitido reconstruir virtualmente la iglesia de San Agustín contribuyendo a rescatar la memoria histórica de este emblemático edificio lagunero. Esta iniciativa, que ha sido financiada por el Excmo. Ayto. de La Laguna y desarrollada por una empresa canaria de gestión del patrimonio cultural [18] junto a un amplio número de colaboradores externos, ha hecho posible el acercamiento al antiguo esplendor de la iglesia, con especial atención investigadora a la recuperación de las pinturas murales dieciochescas que habitaban en su interior.

Virtualización y valorización del patrimonio

El conocimiento y la valoración de nuestra herencia cultural constituyen el pilar fundamental para fortalecer el compromiso social por su tutela y potenciar la demanda de políticas culturales que aseguren su pervivencia en el tiempo [21]. En este sentido, la Gestión y Conservación del Patrimonio Histórico-Artístico ha encontrado en el desarrollo de las nuevas tecnologías un valioso recurso que permite acercar los bienes culturales a los ciudadanos

a través de recreaciones digitales y experiencias virtuales [22-26]. Estos modelos permiten mejorar la comprensión de los bienes culturales dañados o desaparecidos mediante la transposición gráfica de los restos materiales conservados y de las fuentes documentales relacionadas. Estas reconstrucciones virtuales suponen un gran atractivo para una sociedad cada vez más acostumbrada al uso de tecnologías de realidad virtual, consumidora y demandante de experiencias digitales [27].

La facilidad técnica con que se afrontan hoy en día las reconstrucciones virtuales implica la posibilidad de una proliferación incontrolable de productos pseudoculturales carentes de rigor científico e histórico que crean conceptos erróneos capaces de gozar de gran perdurabilidad debido a la potencia divulgativa de estas imágenes. Por ello, es necesario sentar bases que regulen la producción de este tipo de material y marquen las pautas para la generación de modelos veraces capaces de respetar desde lo virtual, que no imaginario, la materialidad e historia de los bienes representados [28].

Planeamiento de un modelo infográfico fundado – Virtualización de la iglesia de San Agustín

El proyecto de reconstrucción virtual de la iglesia de San Agustín fue abordado desde una perspectiva multidisciplinar de trabajo. Historiadores y arqueólogos fueron los encargados de recabar información detallada tanto del templo como de su significancia sociocultural a través



Figura 3. a) Imagen del impactante incendio que asoló el templo el día 2 de junio de 1964. b) Testimonio histórico del interior de San Agustín, días después de ser pasto de las llamas. Ambas imágenes son del fotógrafo Agustín Guerra Molina.

de fuentes y tratados histórico-artísticos, planimetrías, dibujos y fotografías antiguas, además de su estudio *in situ*. A partir de este trabajo de documentación previa, un equipo de especialistas en virtualización del patrimonio se encargó de modelar en 3D la estructura arquitectónica del edificio antes del incendio [18, 29]; mientras que la tarea de restaurar digitalmente los frescos de su interior recaería en conservadores-restauradores especializados en el tratamiento y documentación de pinturas murales.

El modelado 3D de la arquitectura del edificio se realizó utilizando el software libre Blender [30]. En primer lugar, se creó la volumetría del edificio, del pavimento y de los muros interiores del templo; continuando con el modelado de las columnas y de las arcadas que dividen su planta. Se añadieron modelados de los detalles arquitectónicos del interior y de las dos fachadas visibles del templo, proceso que culminó con la creación del artesonado y de pequeños elementos ornamentales como los casetones de las puertas de madera, la decoración de las pilastras o la hornacina que coronaba la portada lateral. Para no aislar la reconstrucción de su contexto, se realizó la volumetría del resto del convento, aunque con menor detalle. Una vez terminado el modelado del edificio se realizó el texturizado, procedimiento por el cual se proporciona al modelo 3D una apariencia realista aplicando colores y materiales (madera, piedra, metal, etc.). Fue en este proceso en el que se incorporaron las imágenes creadas mediante la restauración digital de los frescos (Figura 4), trabajo que se describe en este artículo.

Metodología

Problemática

El objetivo general del trabajo, como se ha indicado, es obtener una recreación digital fidedigna del patrimonio pictórico de la Iglesia San Agustín para su integración en el modelo 3D virtual del edificio.

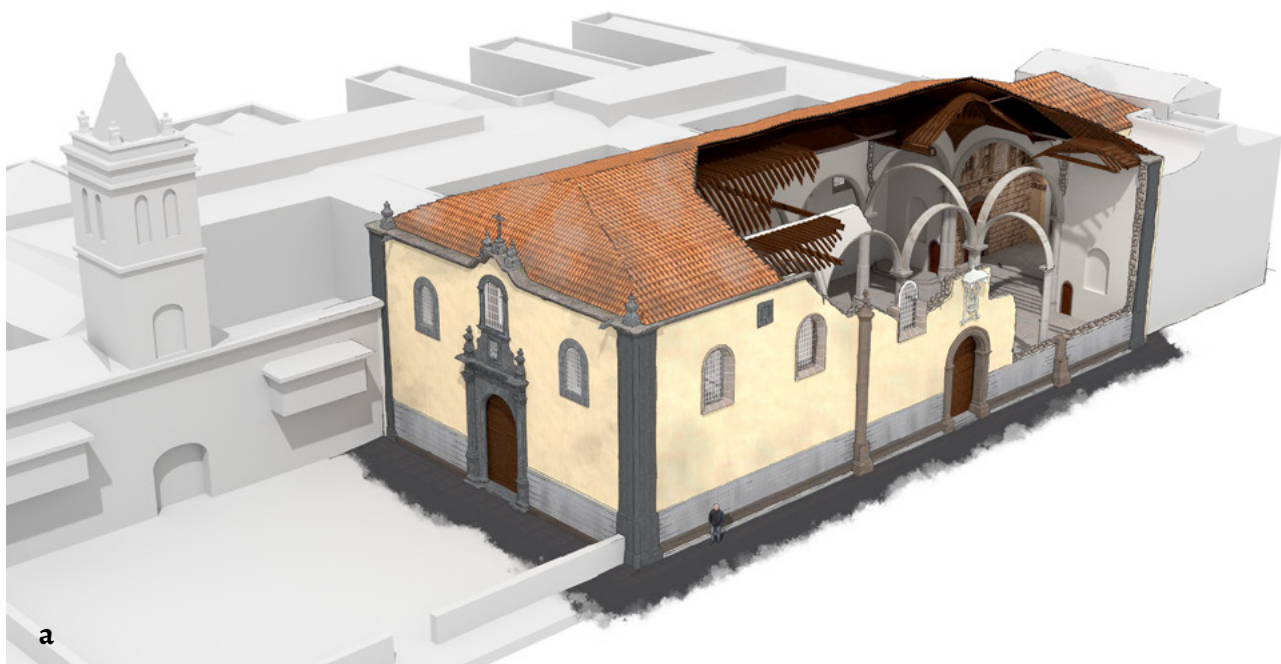
Estas pinturas se han perdido casi por completo, y presentan un estado de deterioro tan avanzado que

dificulta definir sus representaciones. Además, se carece de textos y documentos históricos que puedan indicar detalles sobre su composición.

En el estado actual, los paños derecho e izquierdo de su primer cuerpo han desaparecido por completo y los restos de policromía de la arcada central, expuestos a la intemperie, se encuentran ocultos bajo gruesas capas de biodeterioro. Los paños del segundo tramo han llegado en mejor estado a nuestros días, posiblemente por encontrarse más alejados del foco del incendio y conservar su cubierta, lo que evitó una exposición directa a los agentes atmosféricos. Aun así, las elevadas temperaturas a las que se vieron sometidos causaron la pérdida de más del 70 % de la policromía, y las partes conservadas presentan alteraciones severas como levantamientos de la superficie pictórica, lavado de materiales y una acusada alteración cromática de los pigmentos; además de gruesos depósitos de sales, cemento y excrementos de ave, grafitis, así como una consistente capa de suciedad superficial (Figura 5).

Propuesta metodológica

La tarea de conseguir una reintegración digital que reflejase una hipótesis verosímil y fidedigna se logró gracias a una cuidada labor de documentación y de análisis comparativo sustentada en tres fases de trabajo: En una primera, se abordó un estudio visual directo y el análisis formal de los restos conservados *in situ*, todos ellos localizados en el segundo cuerpo. Esto permitió apreciar que sus representaciones arquitectónicas se desplegaban de forma simétrica desde el eje central de la sala y se servían de una perspectiva cónica muy escorzada para conferirle profundidad. Este descubrimiento permitiría recuperar gran parte de la información proyectando los motivos que habían pervivido sobre las zonas de pérdidas. En esta fase de estudio se capturaron tomas generales de cada paramento, respaldándolas con zooms de detalles con el fin de poder apreciar con claridad los elementos más alejados y recuperar el mínimo detalle posible. Estas fotografías presentaban unas dimensiones de 2736 × 3648



a



b

Figura 4. Reconstrucción virtual de la Iglesia de San Agustín acometida como parte del discurso expositivo de Cor Ignis: memoria y patrimonio de la iglesia de San Agustín de La Laguna: a) perspectiva axonométrica; b) perfil lateral.

píxeles, una resolución de 314 ppp y tamaño de 6 MB. Además, para documentar y recrear con posterioridad el cromatismo real de la obra con la mayor fidelidad posible, se realizó el registro colorimétrico de zonas accesibles y libres de depósitos apoyados por una carta de color.

La segunda fase de trabajo consistió en el estudio de la documentación histórica. Entre las fotografías antiguas recabadas por el equipo de historiadores aparecieron registros de los paramentos perdidos del primer cuerpo (Figuras 2a y 2b). No se tuvo la misma suerte con el espacio situado tras el gran baldaquino, que únicamente aparecía en las fotografías de forma indirecta.

Estas lagunas documentales, unidas al avanzado estado de deterioro, dificultaba la correcta apreciación de los motivos conservados. Esto marcó la necesidad de implementar nuevas estrategias de estudio y análisis con el fin de recuperar la máxima información posible, limitando así la posibilidad de recaer en posibles suposiciones a la hora de abordar la propuesta formal que sustentaría la reintegración.

Por ello se recurrió como tercera técnica a un análisis a partir de los registros digitales tomados (fotografías de alta resolución) y comprobar lo que podía aportar a nuestra problemática una herramienta de análisis de imagen básica y gratuita, diseñada ex profeso para mejorar la legibilidad de los registros fotográficos de arte rupestre. Nos referimos a DStretch.

DStretch – Análisis digital de imagen

DStretch fue creada por Jon Harman con el fin de destacar pictogramas rupestres imperceptibles o de escasa nitidez a través de imágenes digitales, mejorando la representación pictórica de un modo rápido y sencillo. Fue su propio creador el encargado de difundir los primeros ejemplos de su aplicación, que se centraron principalmente en el estudio de arte nativo de Baja California, Nuevo México y Nevada [13]. La elocuencia de los resultados ofrecidos en el estudio de grabados y pinturas rupestres han propiciado que su uso se extendiera rápidamente entre la comunidad científica de numerosos países [11, 31-37].



Figura 5. a) Vista general de los frescos en la actualidad. b) Detalle del paramento derecho, donde apreciamos abundantes pérdidas y gruesos depósitos que ocultan la policromía original. c) Esquina derecha de la pared central, afectada por la misma problemática.

Puede usarse de forma gratuita, como *plugin* del software libre de procesamiento digital de imágenes científicas ImageJ. Además, recientemente ha aparecido la versión DStretch para dispositivos móviles Android e IOS [38].

DStretch se basa en técnicas de *decorrelation stretching*, una técnica habitual en tareas de teledetección que tienen como fin mejorar de forma artificial el color de una imagen, produciendo otra imagen en lo que se conoce como falso color [39]. Esta técnica combina operaciones de mejora de contraste (*stretching*) con técnicas de decorrelación (*decorrelation*). Éstas últimas buscan mejorar la visualización de las imágenes correlacionadas, refiriéndose a aquellas cuyo nivel digital en sus distintas bandas está muy próximo, lo que provoca una redundancia visual que dificulta la observación de los elementos registrados; es decir, el color de los píxeles es muy similar [40].

El principio de DStretch es la aplicación de la técnica de transformación PCA-KLT (análisis de componentes principales y de la transformada de Karhunen-Loeve). El análisis de componentes principales es probablemente la más antigua y conocida de las técnicas de análisis multivariante. Fue descubierta por Pearson [41] y desarrollada por Hotelling [42] y Karhunen y Loève [43]. En ingeniería, a PCA normalmente se le conoce como la transformada de Karhunen y Loève, de ahí la abreviatura PCA-KLT para esta técnica, que proporciona la mejor estimación lineal de un rango dado para un vector.

El uso de esta transformada es un procedimiento muy habitual en sistemas de codificación de imágenes y sobre todo en las estrategias de reconocimiento de formas dentro de una imagen, tales como caras, huellas dactilares, caracteres, etc. En un segundo paso, la aplicación DStretch expande el contraste de los colores (*stretch*) para uniformizar sus variaciones. Finalmente usa la transformada de la inversa para aproximar o correlacionar los colores en lo posible al original.

DStretch aplica el procedimiento descrito a todos los colores de la imagen mediante una matriz de transformación, con la característica de que se puede seleccionar el espacio de color en el que queremos observar la imagen. El programa dispone de opciones predeterminadas para elegir diferentes espacios de color como los conocidos (RGB o LAB) u otras variaciones creadas por el propio Harman con el fin de realzar ciertas tonalidades características del arte rupestre (YDS, YBR, YBK, LDS, LRE). De manera que el predeterminado YDS trabaja mejor con colorantes amarillos, los YBR y LRE mejoran los rojos, el YBK mejora los negros, azules y amarillos, y las opciones YXX o LXX se ofrecen para que el usuario configure sus propios espacios de color [14-15].

En definitiva, DStretch ofrece una batería de posibilidades de filtros que aplicándolos y combinándolos, pueden resaltar ciertos colores en la imagen digital. El resultado es la obtención de una imagen en falso color que posibilita la visualización de los motivos difíciles de percibir por el ojo humano, así como la distinción entre diferentes superposiciones y clases de pigmentos utilizados.

Entorno de trabajo y requerimientos técnicos de la imagen original

En la versión para plataformas PC, el acceso a DStretch se realiza a través de ImageJ Software. Seleccionada esta opción, el programa solicita abrir la imagen que se desea analizar, y se visualiza en el entorno de trabajo (Figura 6). Basta elegir los distintos espacios de color que encontramos en la barra inferior, los cuales aplican sobre la imagen el algoritmo Decorrelation Stretch seleccionado. El programa devuelve la transformación aplicada de forma inmediata, resaltando los colores del algoritmo aplicado.

A modo de ayuda, al situarnos con el cursor sobre cada uno de los espacios de color disponibles nos ofrece una breve

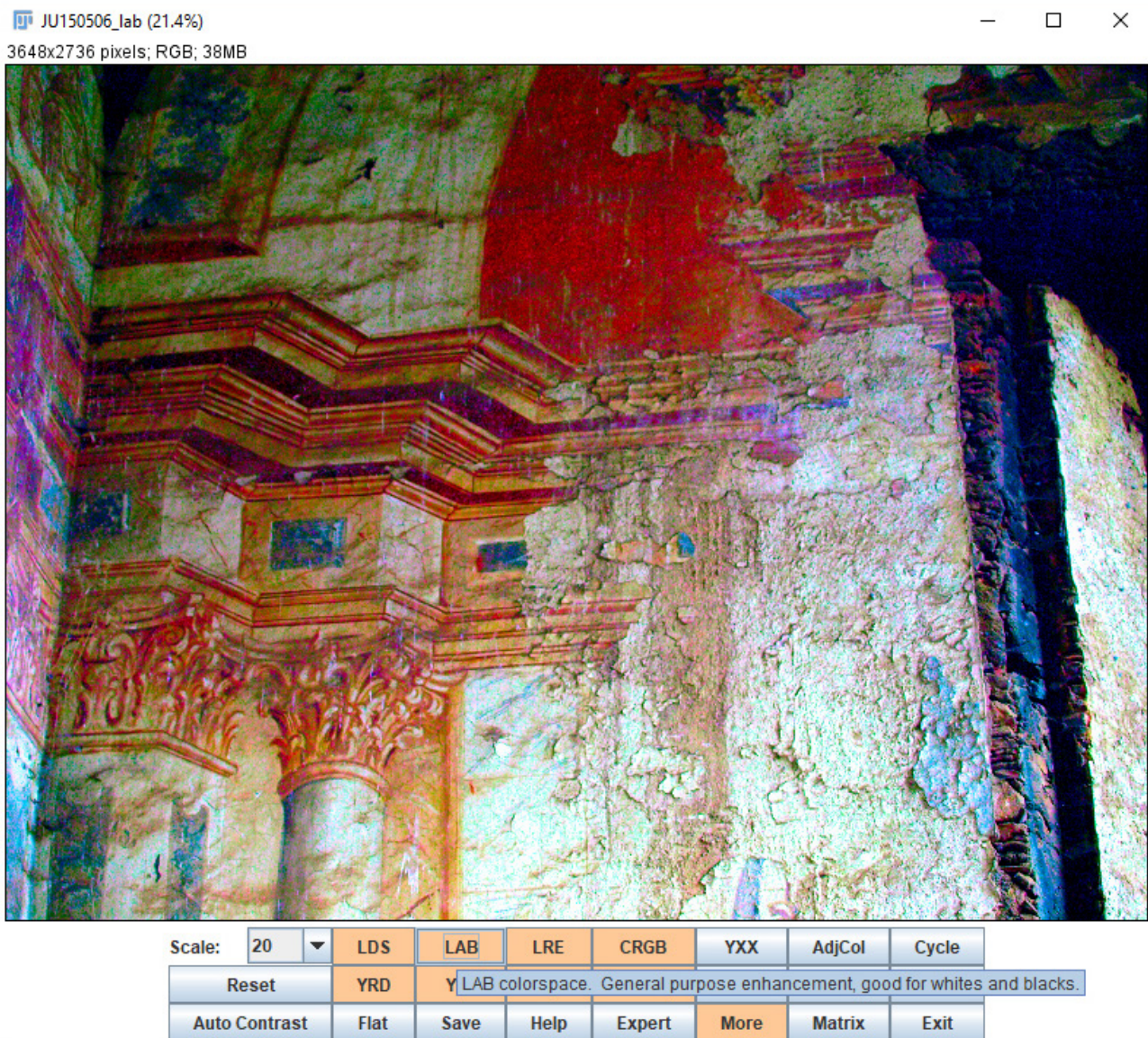


Figura 6. Entorno de trabajo de DStretch como plugin de ImageJ. Los comandos y espacios de color principales se disponen directamente bajo la imagen a analizar, y cuenta con ventanas emergentes que proporciona información de ayuda al usuario.

indicación sobre las transformaciones que produce la opción seleccionada. Entre estas opciones encontramos los espacios de color estándar RGB y LAB, así como otras variaciones indicadas anteriormente.

El programa permite seleccionar un área determinada de la imagen con el fin de restringir el cálculo a los píxeles que contiene y así poder excluir información confusa o elementos ajenos a nuestro interés. Otro parámetro interesante a tener en cuenta en el manejo del programa es la escala. El valor preestablecido es 15, pero se puede aumentar o disminuir para así ayudar a minimizar la aparición de ruido en los resultados.

Puesto que este sistema automatizado de mejora de imágenes parte del tratamiento matemático de la matriz de vectores (píxeles) de las imágenes fotográficas realizadas, es importante evitar cualquier técnica de retoque fotográfico o expansión del histograma, ya que este tipo de tratamientos alterarían los valores originales de reflectividad y eliminarían parte de la información de la

imagen [44]. Autores de contrastada experiencia en el uso de DStretch, y en su contexto original, recomiendan el empleo de imágenes en formato TIFF frente al JPEG (al implicar una menor compresión de la información) y la mayor resolución posible, lo que garantiza un mayor espacio de color. Además se recomienda el uso de un ISO bajo para evitar el ruido en los píxeles, iluminación con luz natural y contar con un soporte o trípode que garantice la estabilidad de las capturas con exposiciones prolongadas [14, 31, 33, 45-46].

Resultados

El análisis de imágenes de las pinturas murales de San Agustín con DStretch se centralizó en el segundo cuerpo del doble presbiterio, por tratarse de una zona con restos materiales altamente deteriorados de los que se carecía de registros históricos.

En primer lugar, se analizaron las tomas generales de los tres paños con el fin de obtener una percepción general de los resultados que se podían conseguir. A continuación, se analizaron las imágenes de detalles que aportan mayor resolución y precisión a los análisis.

Los resultados más significativos se obtuvieron en el

pañó central, zona afectada por una gran laguna de datos y que podía dar pie a interpretaciones erróneas por parte del restaurador. Además, se corría el riesgo de obviar la presencia de fragmentos de policromía de pequeño tamaño al confundirse con las capas de preparación por estar ocultos bajo gruesos depósitos de suciedad superficial y eflorescencias.

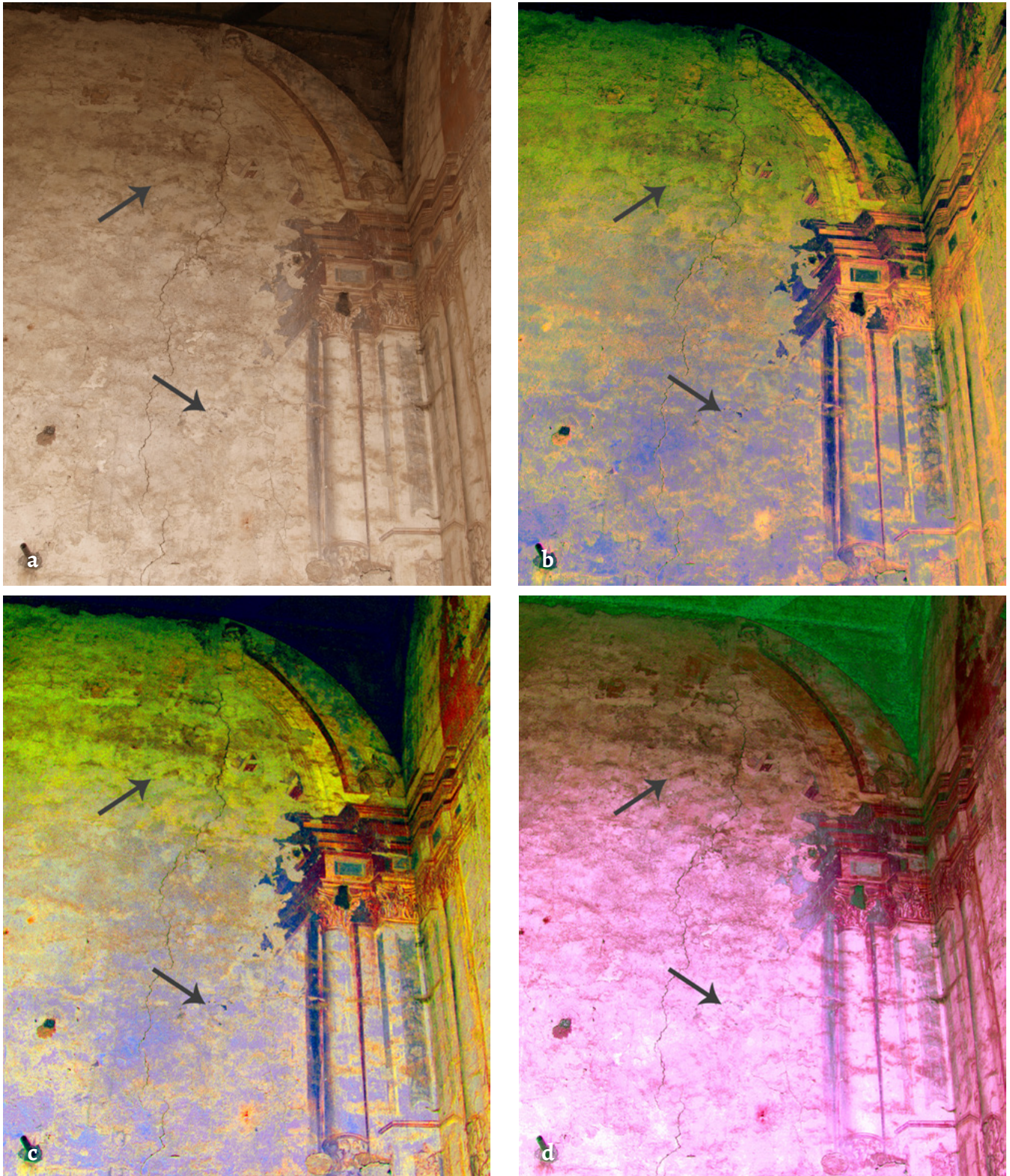


Figura 7. Análisis del paño central: a) imagen RGB de partida; b) filtro YBK destacando restos descontextualizados de la moldura; c) filtro LDS con semejantes resultados sobre los elementos inferiores, además de mejorar la visibilidad de la zona superior; d) filtro RGBo aportando mayor nitidez en los contornos de dichos ornamentos superiores.

De este paño no se pudo rescatar información alguna en la fase de visualización directa, ni se disponía de documentación histórica sobre su representación, pero sí se obtuvieron resultados con el tratamiento de imágenes con DStretch. El uso del espacio de color LDS con escala 15 resaltó los tonos oscuros de la cornisa que fuga hacia el centro de la escena, y con ellos los pequeños restos aislados de este motivo, ayudando a identificarlos y determinar la longitud mínima que alcanzaba este elemento. A su vez, el espacio de color RGB a una escala de 20 permitió apreciar con nitidez restos parciales de elementos cuadrangulares que se desplegaban en el interior de la arcada central fugando en la misma dirección (Figura 7).

En las zonas inferiores del paramento lateral derecho también se lograron resultados significativos que subsanaron las lecturas confusas e imprecisas alcanzadas mediante su observación, ya que estaban condicionadas por la presencia de abundantes eflorescencias además de otros depósitos de material ajeno. El análisis de imagen permitió identificar con claridad la decoración en cuadrícula de los espacios comprendidos entre las grandes columnas

laterales y la pequeña puerta de acceso central. Además de delimitar nítidamente el remate inferior de la pequeña pilastra que la flanquea, también se identificó la existencia de motivos decorativos azules sirviendo de elemento de unión con el vano situado encima. Los espacios de color que ofrecieron los mejores realces en esta zona fueron el LDS, el LAB y el YYE, que, aplicados a una escala de 7,5, permitieron ver un grafiti contemporáneo inapreciable a simple vista (Figura 8 y Figura 9). La manera en la que se realzan ciertas tonalidades en función del espacio de color seleccionado se puede comprender muy bien a partir de sus histogramas. En una imagen sin tratar, en la que todos los píxeles tienen la misma tonalidad, se puede ver que su histograma tiene niveles predominantemente rojizos y, los azules y verdes muy tenues e igualados; en las imágenes tratadas en diferentes espacios de color ofrecen valores altamente contrastados en rangos espectrales muy concretos de azules, verdes o magentas (Figura 8).

Los resultados obtenidos e interpretados por el análisis de imagen nos llevaron a retomar el estudio de las fotografías históricas buscando constatar la presencia

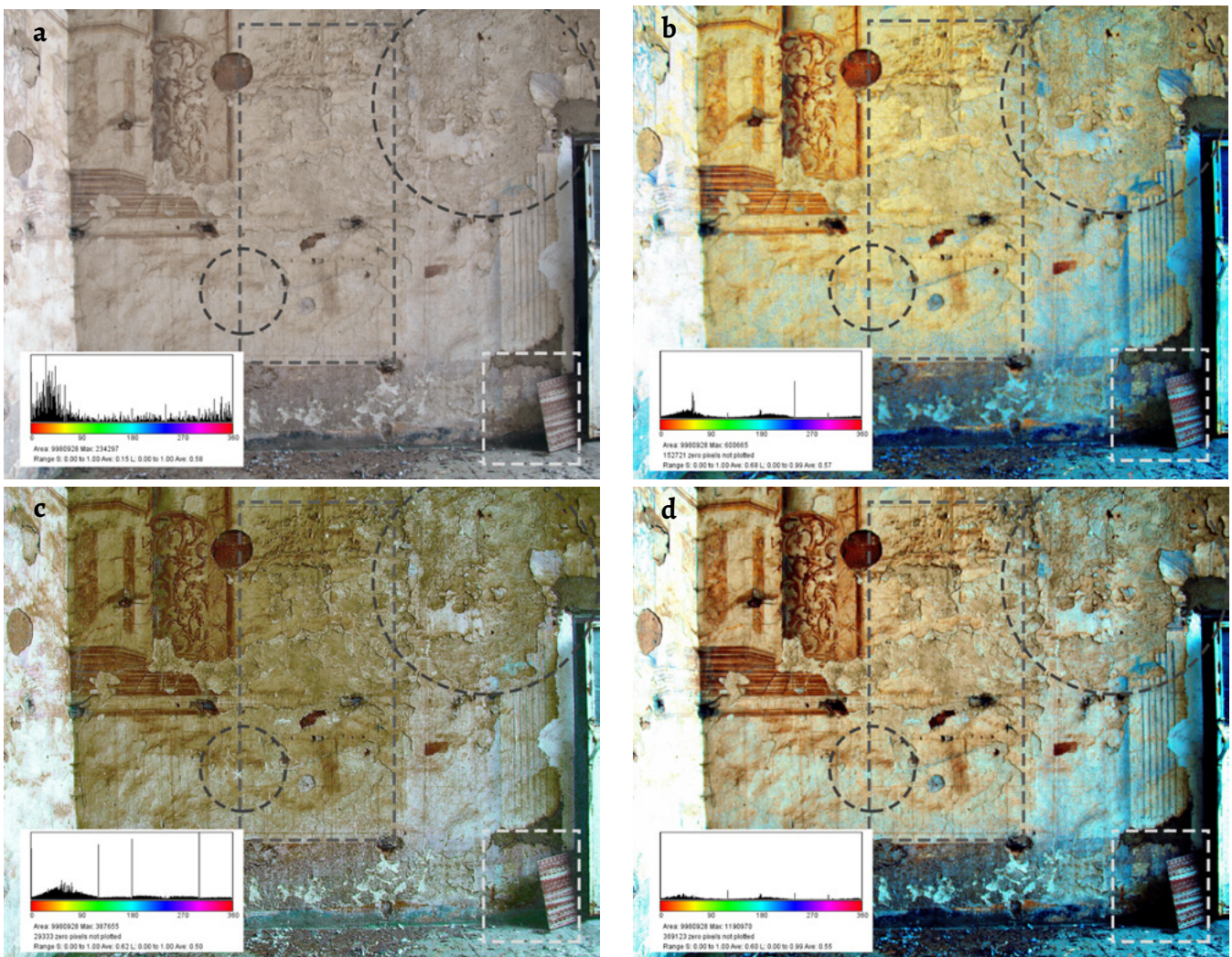


Figura 8. Análisis en el paño lateral derecho: *a)* imagen RGB de partida; *b)* filtro LDS destacando los motivos azulados y el remate inferior de la pilastra que flanquean la entrada; *c)* apreciación de la decoración central con forma de cuadrícula y de un grafiti inapreciable a simple vista con un filtro YYE; *d)* resalte generalizado de todos los elementos con un filtro LAB.

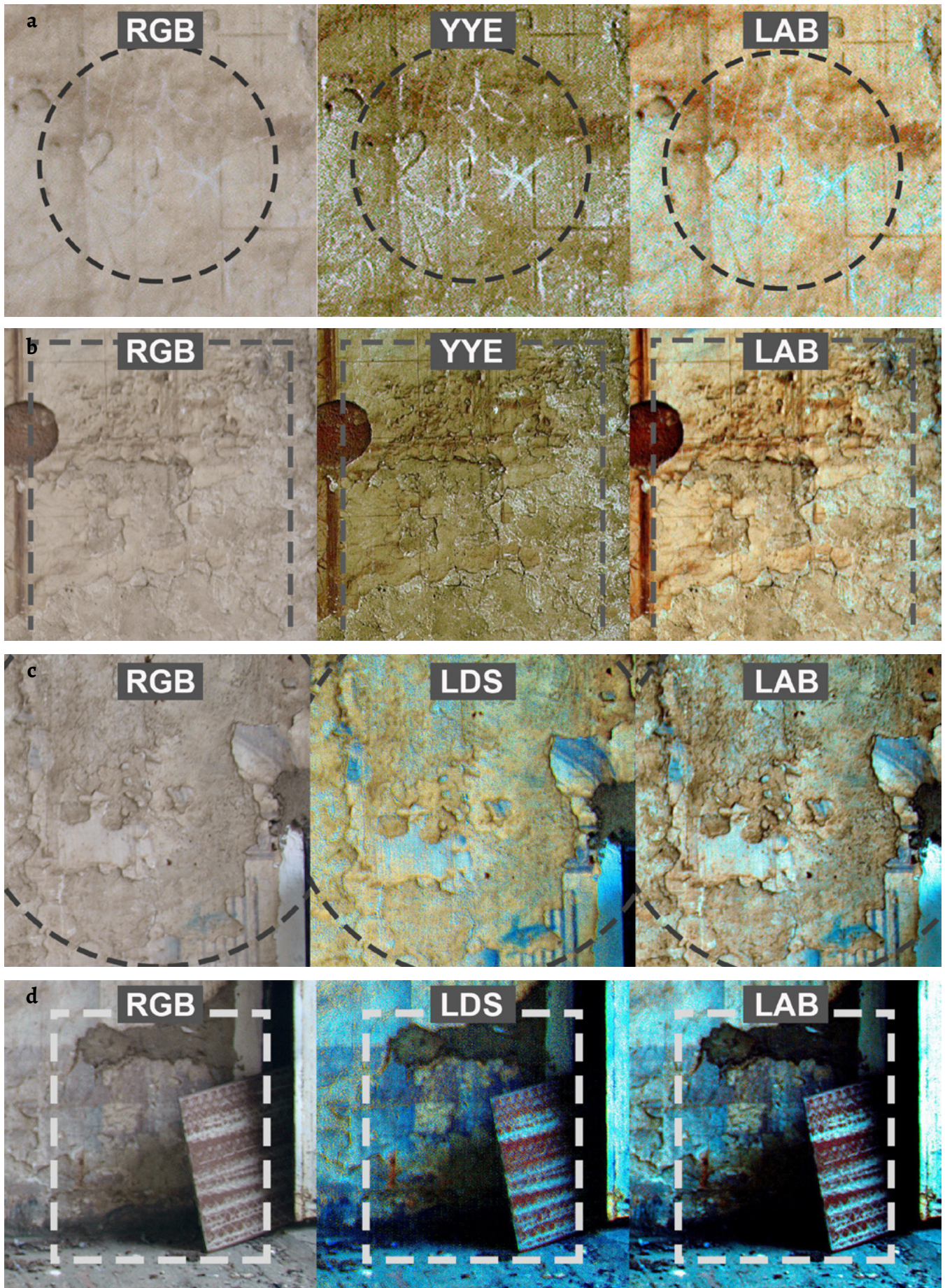


Figura 9. Detalles rescatados con DStretch en el paño lateral derecho: *a)* grafiti contemporáneo; *b)* decoración cuadriculada; *c)* elementos ornamentales azules flanqueando la puerta de acceso; *d)* perfil inferior de la pilastra central.

de los mismos indicios. Esta vez también se sometieron a un proceso de mejora fotográfica, para resaltar elementos poco visibles en las fotografías, logrando identificar los elementos cuadrangulares dispuestos en el interior de la arcada central como casetones, y los trazos azules localizados entre la puerta y el vano de la pared lateral como una suerte de friso con cornisa que comunicaba ambos espacios (Figura 10).

Integración en el modelo virtual

Gracias a la información recabada por medio del estudio organoléptico, unido al análisis de imagen y al estudio de fotografías históricas, pudimos abordar la reintegración formal de estas pinturas en base a una interpretación sólida. El primer paso consistió en obtener ortofotografías de cada paramento; o lo que es lo mismo, presentaciones fotográficas en la que todos los elementos de la imagen poseen la misma escala, libre de errores y deformaciones.

Una ortofotografía se consigue mediante un conjunto de fotografías corregidas digitalmente para representar una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva, y en la que por lo tanto es posible realizar mediciones exactas. En nuestro caso, se seleccionaron aquellas tomas de detalle que contaban con un solape del 50-60 % y se procesaron con el programa de restitución fotogramétrica Photomodeler (versión 2014.1) [47]. Este programa, de fácil manejo y

gran velocidad de cálculo, corrige automáticamente los errores de las deformaciones fotográficas y distorsiones del objetivo. Además, define la geometría plana del objeto representado calculando el punto de vista de cada fotografía y situándolo mediante triangulación en un espacio de tres dimensiones virtual.

Representada la geometría y escala original de cada paño a una resolución óptima (Figura 11a), se acometió su restauración digital con el software Adobe Photoshop. Para ello se recurrió a criterios propios de una reintegración matérica [6]. En el segundo cuerpo se reintegraron miméticamente las zonas de las que se conservaba información material mediante un clonado fotográfico; mientras que el trazado hipotético de aquellos elementos perdidos y recuperados parcialmente por medio del análisis de imagen se planteó por medio de esbozos esquemáticos con tintas planas (Figura 11b). En el primer cuerpo del presbiterio, del que no se conservan restos materiales, se pudo rescatar su programa iconográfico, aunque no su cromatismo, a través de fotografías antiguas. Esto se logró alineándolas y corrigiendo las deformaciones de su perspectiva con las ortofotografías actuales de sus paramentos como referencia.

El proceso culminó restituyendo los frescos restaurados digitalmente a su emplazamiento original, la cabecera de la Iglesia de San Agustín; logrando así devolverla a la vida, por el momento de forma virtual (Figura 11c).



Figura 10. Ampliación y mejora de contraste de único registro fotográfico conservado en el que aparece el segundo cuerpo del presbiterio. Esto ha permitido definir mejor las formas de los motivos rescatados mediante DStretch.



Figura 11. Resultados de la reintegración virtual: *a)* ortofotografía del paño lateral derecho de la cabecera antes de su intervención digital; *b)* mismo paño una vez restaurado; *c)* renderizado del doble presbiterio con la recuperación formal de sus frescos.

Conclusiones

Los estudios previos, optimizados mediante el uso de herramientas de análisis digital, nos han permitido trazar una hipótesis razonada y coherente de lo que serían las pinturas murales de la Iglesia de San Agustín.

Dentro de estos estudios, DStretch demostró ofrecer gran versatilidad como herramienta de análisis fuera de su campo de aplicación convencional, permitiendo apreciar con mayor precisión y detalle elementos de escasa nitidez. Esto no sólo permitió rescatar detalles imperceptibles a

simple vista, si no que a su vez potenció la objetividad del análisis formal realizado sobre el conjunto, y por tanto de la reintegración acometida.

Además de ser gratuito, una de las principales ventajas de este complemento es que puede manejarse por una persona sin grandes conocimientos informáticos. El diseño de preajustes conduce a un aprendizaje rápido y fácil, así como a resultados inmediatos. Las transformaciones de mejora digital que posibilita son casi independientes del operador, a diferencia de otras alternativas de procesamiento, cuyos resultados dependen en gran medida de las habilidades y

experiencia que posee, variando enormemente la calidad de los resultados ofrecidos en función de éstos.

Resultados y accesibilidad nos llevan a validar este software como herramienta al servicio del análisis formal de pinturas históricas. En futuras investigaciones esperamos optimizar su funcionalidad contemplando mejoras metodológicas que nos permitan analizar imágenes exentas de deformaciones, para después extraer y transponer de forma automatizada todas aquellas representaciones que se logren rescatar.

Para finalizar, queremos destacar el interés de abordar otros análisis complementarios que contribuyan a profundizar en el conocimiento de estos murales. Ejemplo de ello es la necesidad de precisar su cromatismo original mediante análisis químicos que puedan determinar la composición y el color inicial de sus pigmentos; así como una caracterización de la paleta del pintor.

Agradecimientos

El proyecto expositivo que ha contemplado los trabajos aquí expuestos, Cor Ignis: memoria y patrimonio de la iglesia de San Agustín de La Laguna, ha sido financiado en exclusividad por el Excmo. Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, desarrollado por Cultania y contado con la colaboración de los especialistas en virtualización del patrimonio Josué Ramos, Pablo Aparicio y Belén Blázquez, además de las firmantes Ovidia Soto y Alba Fuentes. Este trabajo ha sido respaldado por el Programa de Formación de Personal Investigador de la Universidad de La Laguna (convocatoria 2018) en la modalidad de Apoyo a la Formación de Personal Investigador para la presentación y defensa de resultados de investigación. Agradecemos las imágenes de la Iglesia de San Agustín durante y después del incendio, tomadas por Agustín Guerra Molina, al archivo fotográfico de su hijo Gerardo Guerra Martín. Las imágenes de la SGI Fototeca han sido amablemente cedidas por la Universidad de Sevilla.

REFERENCIAS

- Cosentino, A.; Gil, M.; Ribeiro, M.; y Di Mauro, R., 'Technical photography for mural paintings: the newly discovered frescoes in Aci Sant'Antonio (Sicily, Italy)', *Conservar Património* **20** (2014) 23-33, <https://doi.org/10.14568/cp2015001>.
- Cosentino, A., 'Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination', *Conservar Património* **21** (2015) 53-62, <https://doi.org/10.14568/cp2015006>.
- Cosentino, A., 'Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments', *Conservar Património* **21** (2015) 25-38, <https://doi.org/10.14568/cp2015005>.
- Mora, P.; Mora, L.; Philippot, P., *La Conservación de las Pinturas Murales*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá (2003).
- Ferrer, A., *La Pintura Mural. Su soporte, Conservación, Restauración y las Técnicas Modernas*, Universidad de Sevilla, Sevilla (1995).
- Del Pino, C., *Pintura mural. Conservación y Restauración*, CIE Inversiones Editoriales Dossat-2000, Madrid (2005).
- Tornari, V., 'Laser interference-based techniques and applications in structural inspection of works of art', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **387** (2007) 761-780, <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0974-4>.
- Del Vescovo, D.; Fregolent, A., 'Assessment of fresco detachments through a non-invasive acoustic method', *Journal of Sound and Vibration* **284** (2005) 1015-31, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2004.07.011>.
- Cesareo, R., 'Non-destructive EDXRF-analysis of the golden haloes of Giotto's frescos in the Chapel of the Scrovegni in Padua', *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* **211** (2003) 133-37, [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(03\)01165-0](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(03)01165-0).
- Paoletti, D.; Spagnolo, G. S.; Facchini, M.; Zanetta, P., 'Artwork diagnostics with fiber-optic digital speckle pattern interferometry', *Applied Optics* **32** (1993) 6236-6241, <https://doi.org/10.1364/AO.32.006236>.
- Quesada, E., 'Aplicación DStretch del software Image-J. Avance de resultados en el arte rupestre de la región de Murcia', *Cuadernos de Arte Rupestre* **5** (2008) 14-47.
- Fernandez, M.; Spanedda, L., 'Abrigo con arte rupestre de El Tablazo II (Diezma, Granada). Revisión con DStretch de los motivos pintados', *Revista de Estudios de Arqueología Bastetana* **1** (2013) 73-81, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6797495> (acceso en 2019-5-25).
- Harman, J., 'DStretch slideshow index', en Dstretch, <http://www.dstretch.com/DStretchSlideshowIndex.html> (acceso en 2017-10-17).
- Harman, J., 'DStretch help', en Dstretch, <http://www.dstretch.com/DStretchHelp.html> (acceso en 2017-11-17).
- Harman, J., 'Using decorrelation stretch to enhance rock art images', en Dstretch, <http://www.dstretch.com/AlgorithmDescription.html> (acceso en 2017-11-17).
- Evans, L.; Mourad, A.-L., 'DStretch and Egyptian tomb paintings: a case study from Beni Hassan', *Journal of Archaeological Science: Reports* **18** (2018) 78-84, <https://doi.org/10.1016/J.JASREP.2018.01.011>.
- 'San Cristóbal de La Laguna', UNESCO, <https://whc.unesco.org/en/list/929> (acceso en 2018-11-8).
- 'Cor Ignis: el Renacimiento de la iglesia de San Agustín', en *Cultania*, <http://cultania.com/cor-ignis-el-renacimiento-de-la-iglesia-de-san-agustin/> (acceso en 2018-10-24).
- Rodríguez, M., *La Pintura en Canarias Durante el Siglo XVIII*, Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas (1986).
- 'Mediateca San Agustín', SIC, <http://www.estudiosic.es/index.php?/proyectos/mediateca-y-centro-cultural-la-laguna--1er-premi/> (acceso en 2018-10-08).
- Ariztía, A.; Bordachar, M., 'Protección constitucional del patrimonio intangible', Proyecto de Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales, Universidad de Chile, Santiago de Chile (2017).
- Pereira, C.; Henriques, F.; Carriço, N.; Amaral, V.; Ferreira, T.; Candeias, A., 'Virtual historical reconstitution of the main altarpiece of the Espírito Santo Church, in Évora: application of web-based infographics to Cultural Heritage', *Conservar Património* **24** (2016) 63-71, <https://doi.org/10.14568/cp2015034>.
- Robles, L. G.; García, V.Q., 'Nuevas tecnologías para difundir el Patrimonio Cultural: las reconstrucciones virtuales en España', *e-rph - Revista electrónica de Patrimonio Histórico* **4** (2009), <http://revistaseug.ugr.es/index.php/erph/article/view/3357> (acceso en 2019-5-25).
- Napolitano, R. K.; Scherer, G.; Glisic, B., 'Virtual tours and informational modeling for conservation of cultural heritage sites', *Journal of Cultural Heritage* **29** (2018) 123-129, <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2017.08.007>.

25. Bruno, F.; Bruno, S.; De Sensi, G.; Luchi, M.-L.; Mancuso, S.; Muzzupappa, M., 'From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition', *Journal of Cultural Heritage* **11** (2010) 42-49, <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2009.02.006>.
26. Guarnieri, A.; Pirotti, F.; Vettore, A., 'Cultural heritage interactive 3D models on the web: An approach using open source and free software', *Journal of Cultural Heritage* **11** (2010) 350-53, <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2009.11.011>.
27. Escrivá-Estevan, F.; Madrid-García, J. A., 'El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio', *Arché* (2006) 11-20.
28. Gómez-Robles, L.; Quirosa-García, M. V. 'La restauración virtual: teoría y práctica', *AACADigital: Revista de la Asociación Aragonesa de Críticos de Arte* **3** (2008), <http://www.aacadigital.com/contenido.php?idarticulo=102> (acceso en 2019-5-25).
29. Aparicio, P., 'La reconstrucción virtual de la iglesia de San Agustín de La Laguna (Tenerife)', *PAR. Arqueología y Patrimonio Virtual*, <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2016/12/19/la-reconstruccion-virtual-de-iglesia-san-agustin-de-la-laguna-tenerife/> (acceso en 2018-10-05).
30. Blender-Foundation, <https://www.blender.org/foundation/> (acceso en 2018-10-5).
31. Acevedo, A.; Franco, N.V., 'Aplicación de DStretch-ImageJ a imágenes digitales del arte rupestre de Patagonia (Argentina)', *Comechingonia Virtual* **6(2)** (2012) 152-175, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4154324> (acceso en 2019-5-25).
32. Dodd, J., 'Petroglyphs as paintings. The application of digital image enhancement to the study of Årsand 1, Hordaland, Western Norway', *Adoranten* (2013) 116-124, <http://www.rockartscandinavia.com/petroglyphs-as-paintings-the-application-of-digital-image-enhancement-to-the-study-of-aarsand-1-hordaland-western-norway-by-james-dodd-a91.php> (acceso en 2019-5-18).
33. Gunn, R. G.; Douglas, L. C.; Whear, R. L., "Interpreting" polychrome paintings using DStretch', *Rock Art Research* **31** (2014) 101-104, <https://www.researchgate.net/publication/283361410>.
34. Le Quellec, J.-L.; Duquesnoy, F.; Defrasne, C., 'Digital image enhancement with DStretch: Is complexity always necessary for efficiency?', *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* **2** (2015) 55-67, <https://doi.org/10.1016/J.DAACH.2015.01.003>.
35. Mark, R. K.; Billo, E., 'Computer-assisted photographic documentation of rock art. Coalition CSIC thematic network on cultural Heritage', *Coalition* **11** (2006) 10-14, <https://www.researchgate.net/publication/281210788>.
36. Colella, M., 'I cavalieri della Forra di Paspardo. I dipinti dell'età del Ferro nell'arte rupestre della Valcamonica', Dipartimento Valcamonica e Lombardia del Centro Camuno di Studi Preistorici, http://www.simbolisullarocchia.it/archivio/2010/2010_pitture_paspardo_Colella.pdf (acceso en 2019-5-25).
37. Ruiz, J. F.; Pereira, J., 'The colours of rock art. Analysis of colour recording and communication systems in rock art research', *Journal of Archaeological Science* **50** (2014) 338-349, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.06.023>.
38. Harman, J., 'DStretch news', en *Dstretch*, <http://www.dstretch.com/news.html> (acceso en 2017-11-17).
39. Alley, R. E., 'Algorithm theoretical basis document for decorrelation stretch decorrelation stretch ASTo6', manuscrito, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena (1996), <http://www.dstretch.com/DecorrelationStretch.pdf> (acceso en 2019-05-18)
40. Marchante, Á., 'Análisis macro y microespacial del abrigo inédito de Puerto Baterno (Agudo, Ciudad Real) y su inserción dentro del arte rupestre esquemático de los Montes de Ciudad Real, Valle de Alcudia y Sierra Madrona', *Vínculos de Historia. Revista del Departamento de Historia de la Universidad de Castilla – La Mancha* **5** (2016) 161-195, <https://doi.org/10.18239/vdh.voi5.011>.
41. Pearson, K., 'On lines and planes of closest fit to systems of points in space', *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* **2(11)** (1901) 559-572, <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>.
42. Hotelling, H., 'Simplified calculation of principal components', *Psychometrika* **1** (1936) 27-35, <https://doi.org/10.1007/BF02287921>.
43. Basilevsky, A.; Hum, D. P. J., 'Karhunen-Loève analysis of historical time series with an application to plantation births in Jamaica', *Journal of the American Statistical Association* **74** (1979) 284-90. <https://doi.org/10.2307/2286324>.
44. Rogerio-Candelera, M. Á., 'Experiencias en la documentación de pintura rupestre utilizando técnicas de análisis de imagen: avances hacia el establecimiento de protocolos de documentación no invasivos', *Cuadernos de Arte Rupestre* **6** (2013) 53-67, http://www.cuadernosdearterupestre.es/arterupestre/6/Rogerio_CandeleraCAR201206_05.pdf (acceso en 2019-5-25).
45. Quesada, E., 'Aplicación Dstretch del software ImageJ. Avance de resultados en el Arte Rupestre de la Región de Murcia', *Cuadernos de Arte Rupestre* **5** (2008-2010) 14-47, http://www.cuadernosdearterupestre.es/arterupestre/5/QuesadaCAR2008_5_2.pdf (acceso en 2019-5-25).
46. Gutiérrez-Calvache, D.; González-Tendero, J. B.; Fernández-Ortega, R., 'Primera aplicación de D-Stretch-ImajeJ. Mejora automatizada de imagen digital en el arte rupestre cubano', *Rupestreweb* (2009), <https://www.researchgate.net/publication/237721364>.
47. Photomodeler, <https://www.photomodeler.com> (acceso en 2017-10-15).

RECIBIDO: 2018.12.9

REVISTO: 2019.4.4

ACEPTADO: 2019.4.23

ONLINE: 2019.5.31



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

Para ver una copia de esta licencia, visite

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

Chromatic changes in paintings of Adriano de Sousa Lopes after the removal of aged varnish

JOÃO LINHARES^{1*}
LILIANA CARDEIRA^{2,3}
ANA BAILÃO^{2,4}
RUBEN PASTILHA¹
SÉRGIO NASCIMENTO¹

1. Universidade do Minho, Centro de Física, Laboratório de Ciências da Cor, Campus de Gualtar, Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

2. CIEBA, Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, Largo da Academia Nacional de Belas-Artes, n.º 4, 1249-058 Lisboa, Portugal

3. Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Palácio do Vimioso n.º 8, 7000-809 Évora, Portugal

4. CITAR, Universidade Católica Portuguesa, Rua Diogo Botelho, n.º 1327, 4169-005 Porto, Portugal

* jlinhares@fisica.uminho.pt

Variações cromáticas em pinturas de Adriano de Sousa Lopes após a remoção de verniz oxidado

Abstract

The ability to digitally remove the varnish layer during the pre-conservation diagnostic of a painting, without any chemical or physical intervention, could be an advantage because it enables the prediction of the outcome of the cleaning procedure of the protective layer and contributes to the treatment proposal. Two paintings from Adriano de Sousa Lopes were investigated by hyperspectral imaging in the visible range, before and after the varnish layer removal. The spectral reflectance was estimated in each case and its comparison used to assess the effect of the varnish layer removal. The simulated paintings with the old varnish layer were compared with those restored, with no varnish, by comparing the chromaticity coordinates and other chromatic descriptors. It was found that considering the effect of the varnish layer of each painting individually produces lower errors than considering the average of the varnish layer across paintings. It was also found that simulating the varnish layer removal without knowing the varnish transmittance produces limited results and that the errors are smaller if the chromatic content is assessed without considering lightness.

Resumo

A capacidade de remover digitalmente a camada de verniz na fase de diagnóstico de uma pintura, sem qualquer intervenção química ou física, poderá ser uma vantagem, pois permite prever o resultado do procedimento de limpeza da camada de proteção e auxiliar a proposta de tratamento. Duas pinturas de Adriano de Sousa Lopes foram investigadas por imagiografia hiperespectral na zona da luz visível, antes e após a remoção da camada de verniz. A reflectância espectral foi estimada em cada caso e sua comparação utilizada para avaliar o efeito da remoção da camada de verniz. As pinturas simuladas com a camada de verniz envelhecida foram comparadas com a intervencionada, sem verniz, comparando as coordenadas cromáticas e outros descritores cromáticos. Verificou-se que considerando o efeito da camada de verniz de cada pintura individualmente obtêm-se erros mais baixos do que considerando a média da camada de verniz das duas pinturas. Verificou-se também que simular a remoção da camada de verniz sem saber a transmitância do verniz original produz resultados limitados e que os erros são menores se o conteúdo cromático for obtido sem considerar a luminosidade.

KEYWORDS

Colours
Varnish layer
Paintings
Hyperspectral imaging
Spectral analysis
Digital removal

PALAVRAS-CHAVE

Cores
Camada de verniz
Pinturas
Imagiografia hiperespectral
Análise espectral
Remoção digital

Introduction

With time, the varnish layer that protects and enhances the surface of an artistic painting deteriorates and reduces the visibility of the painting, becoming yellowish with darker spots and unreadable. This yellowing, also referred to as oxidation, is produced by light, contaminants present in the environment and moisture, among others [1, p. 16]. This pathology, in addition to the aforementioned characteristics, leads to the loss of glossiness, brightness of textures [2, p. 170] and, finally, elasticity of the protective layer, making it sometimes brittle [3, p. 82]. Removing the unwanted varnish layer is therefore important as long as some conditions are observed [4], the main purpose of the intervention being to remove the varnish layer without damaging the original painting.

Other methodologies have described the digital restoration of artistic paintings, either based on spectral information [5-6] or colour information with input from spectral data [7-9] or considering only the colour information obtained using traditional digital cameras [10-11]. Nevertheless, the methods described, although more representative of the optical effects in place at the time the light casts on the painting and is reflected and viewed or acquired [12-16], either require the knowledge of the transmittance spectra of the varnish used as a protective layer, or intend to simulate the cleaning and posterior reposition of the varnish layer with the highest possible spectral precision.

The work here presented intends to be a simpler approach to the digital restoration towards a faster and wider usage of the methodology to provide a closer representation of the simulated image without the varnish layer. Collecting information about the spectral influence of the varnish layer

will provide a database of its influence that could be used with the reflectance spectra acquired from hyperspectral imaging of the original painting [17-21] which is being widely available, without the need of further chemical or physical interaction with the painting.

The best simulations of the varnish removal were found when using each painting's information of its varnish layer and not the averaged information collected across the two paintings analysed. Nevertheless, both methodologies presented higher errors than the visual threshold for complex images, which seems to indicate that further modelling is required to provide a usable digital restoration.

Methods

Description of the paintings

As a case study, two artworks by Adriano de Sousa Lopes (1879-1944) with the title *Cerco de Lisboa, 1384* (FBAUL/3560/P), from 1906, and *Nuno Álvares em Valverde* (FBAUL/3634/P), from 1904, were used and represent the stages of Nuno Álvares Pereira's life. These paintings were made by oil on canvas and measure 54.3 cm × 81.5 cm and 46 cm × 55 cm, respectively, and were labelled as painting 1 and painting 2, respectively.

Adriano de Sousa Lopes was a student of the School of Fine Arts (1895-1903), having gone to Paris in 1903 as a legacy Valmor scholar to further his studies at the *École des Beaux-Arts*. The paintings are academic works produced in Paris and belong to the painting storage of the Faculty of Fine Arts of the University of Lisbon [22].

Figure 1 represents the paintings used in the analysis described here, before and after the removal of the varnish layer.

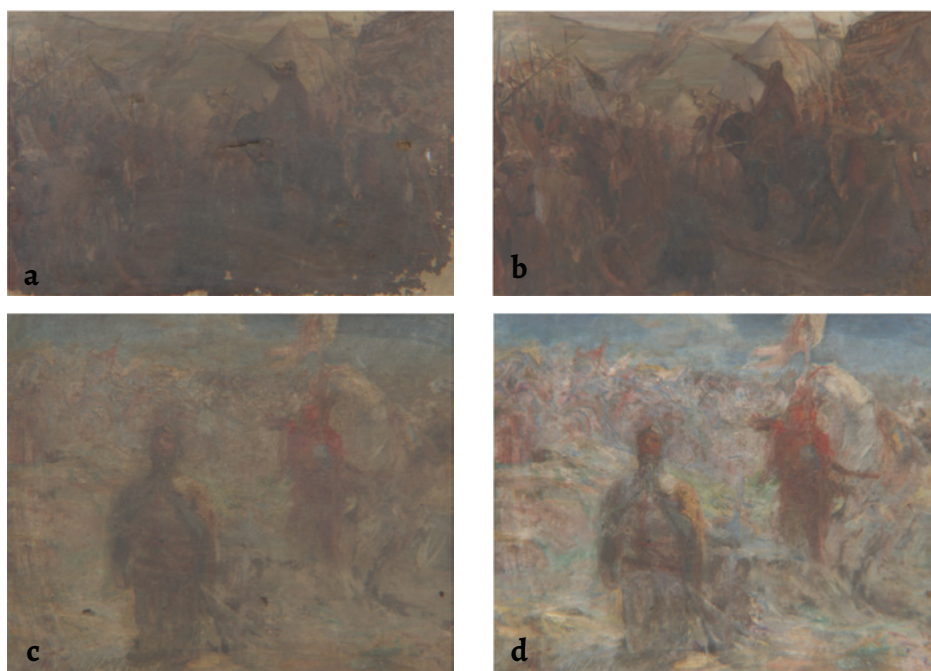


Figure 1. Paintings *Cerco de Lisboa, 1384* (painting 1) (a and b) and *Nuno Álvares em Valverde* (painting 2) (c and d), before (a and c) and after (b and d) removing the protective varnish layer.



Figure 2. Detail of a cleaning area of painting 1 before (a, with detail in c), during (d) and after cleaning (b with detail in e).

Conservation and restoration treatments

State of conservation

Both paintings presented a homogeneous layer of dust and dirt, with special incidence in areas of deformations and tears, both in the front and in the backside. The layers of dirt can be a complex mixture of organic and inorganic materials, which could include particulates and amorphous substances that can differ according to the history of the painting and its environment. Also, the deposits could adhere strongly on the surface and in some instances may even be absorbed into the layer of the coating [23]. There was a marked browning resulted from the aging of the varnish and the deposition of dust and other environmental pollutants. This layer, being the outer layer of the artwork,

is also the most exposed to the agents of deterioration. In addition to a darkened structure, it lost flexibility and yellowed, thus presenting changes in optical, physical and chemical properties. As a result, it became more insoluble in the solvents in which it was prepared.

It should also be noted that the application of the varnish was not homogeneous, resulting in accumulation in some areas more than in others, namely in the peripheries as can be seen in Figures 2 and 3. This discrepancy caused differences over time and a distinct yellowing/darkening in the form of spots, in different areas of the painting, a factor that compromised the reading of the pictorial composition.

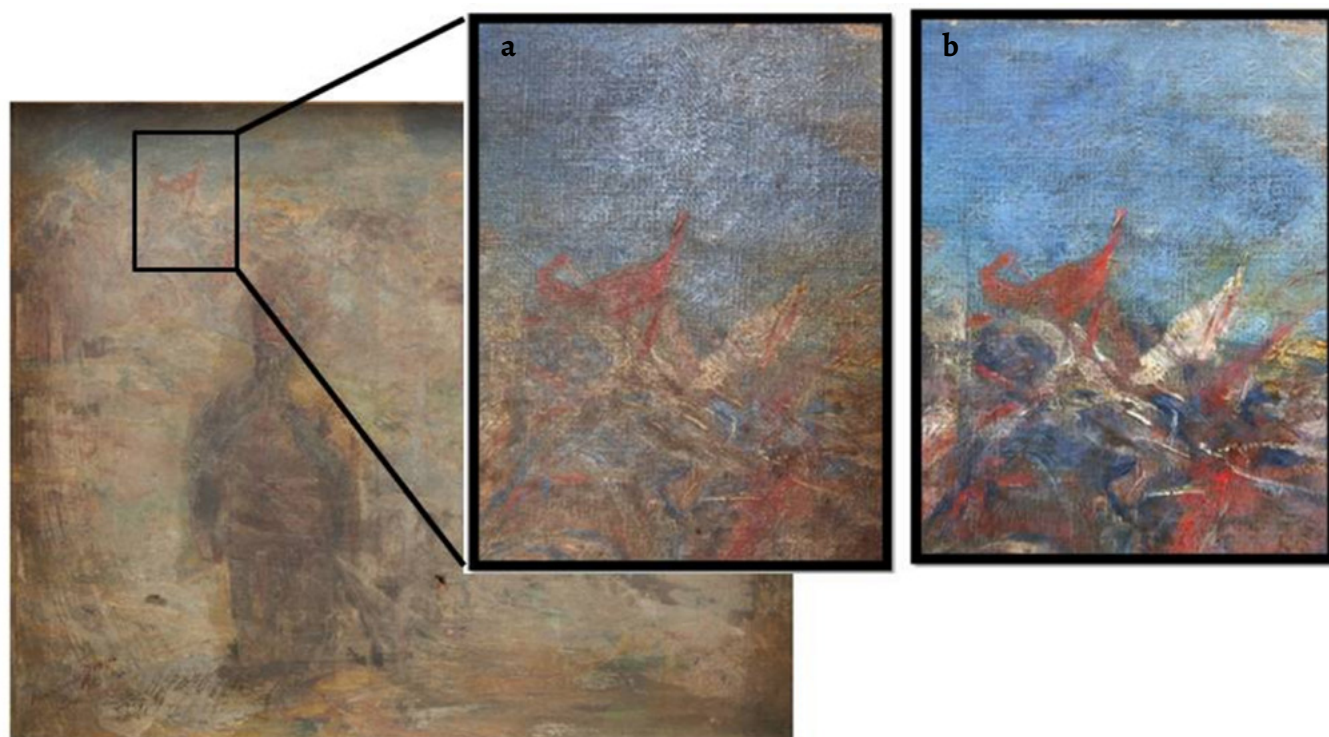


Figure 3. Detail of a cleaning area of painting 2 before (a) and after cleaning (b).



Figure 4. Cleaning tests with 6 TriSolv solutions carried out at painting 1.

Cleaning

After assessing the state of conservation of the paintings and its structure, a conservation and restoration intervention methodology was devised and applied to meet the needs of each individual piece, as well as to respect the ethical criteria of Conservation and Restoration [4].

Aiming to remove the oxidized varnish, which no longer assumes the original function – protection and readability [2] –, wet cleaning was carried out. Two cleaning systems were tested: a mixture of nonpolar and polar organic solvents and gelled polar organic solvents.

Several solubility tests were performed for each coloured area. The purpose was to test different solutions with increasing degree of polarity to determine the solubility parameters of the varnish. The TriSolv solubility triangle of the *Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro* (ISCR) [24] was used as reference. We chose three solvents: isooctane, ethyl alcohol and acetone, distributed in six possible combinations

(Figure 4). This method was selected considering its low toxicity, an essential aspect to consider the protection of the conservator-restorer and the environment.

As the varnish used by the artist on the paintings was unknown and to ensure the safety and integrity of the paintings, the tests to remove the varnish started with low polarity solutions. It was found that in the case of painting 1 the varnish was only solubilized by the mixture of ethanol (18 mL), isooctane (40 mL) and acetone (42 mL) corresponding to the TriSolv 4 solution (Figure 2). The selected solution, according to the data obtained through TriSolv triangle, allows the dissolution of materials based on oil, a natural resin or a synthetic resin.

The set of solutions devised and tested in painting 1 proved to be ineffective for painting 2 mainly for two reasons: the low polarity of the solution and the rapid evaporation of the solvents. From the tested solutions, it was found that more satisfactory results were obtained with acetone. However, even with this solution the results obtained were not considered sufficient. To improve the output, the retention time was increased and acetone (Carbopol Resin + Ethomeen C12) [25] (see Figure 3 and 4) was gelled [25, pp. 62-65], [26]. After the removal of the varnish layer, it was verified that the paint had a darkened layer of dirt, reason for which it was deduced that the work was not varnished after its completion and drying. The time between the drying of the work and the varnishing must have been significant, as the varnish was applied onto a layer of dirt on the painting's surface. This layer of dirt was removed with a solution of demineralized water and one drop of Brij 35 surfactant of neutral pH [25] (see Figure 5).

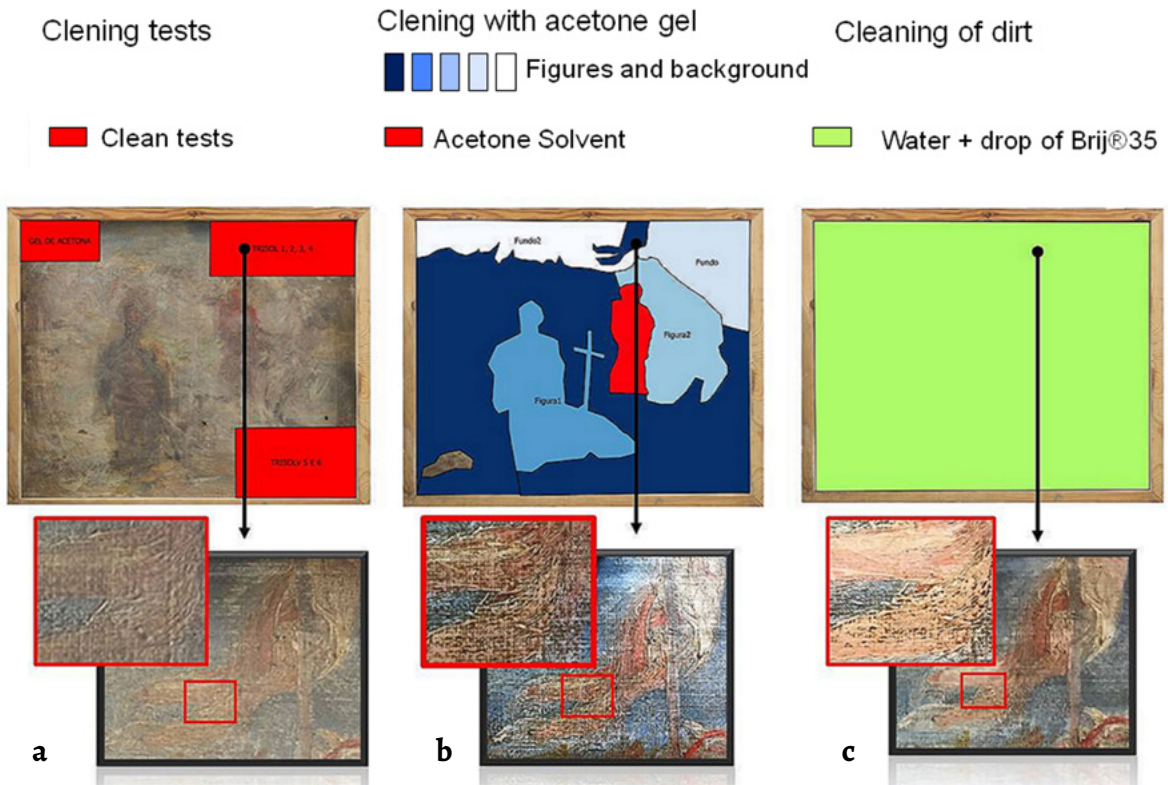


Figure 5. Several stages of cleaning in painting 1: a) the cleaning tests; b) the cleaning with acetone gel; c) the cleaning of dirt.



Figure 6. Painting 1 before (a) and after (b) varnishing the painting's surface. Painting 2 before (c) and after varnishing (d).

The clean-up, in both cases, was initiated by the bottom part of the paintings moving towards the volumes. The treatment applied enabled the removal of both the layer of dirt and the film-forming layer of the aged resin. When in place, this layer delivered a painting with less saturated tones. The conservation and restoration methodology devised and put in place facilitated the reading and understanding of the two paintings by Sousa Lopes.

After hyperspectral imaging the paintings without the original varnish layer, the paintings were varnished with urea-aldehyde resin (Laropal A-81), stable to light and environmental fluctuations and removable with biodegradable and low toxicity solvents [27]. This procedure intensified the optical effect of the pictorial layer, as well as protected it from external agents (Figure 6).

Hyperspectral images acquisition

The previously described paintings were investigated using a hyperspectral imaging system, before and after the restoration cleaning.

The hyperspectral imaging system was able to acquire the reflectance spectra from the paintings with a spectral resolution of 33 spectral bands, from 400 nm to 720 nm in 10 nm steps. The full width at half maximum (FWHM) at 400 nm was of 6 nm, at 550 nm of 10 nm, and at 720 nm of 16 nm. The spatial resolution of the system was of 1344 (H) × 1024 (V) pixels with an output of 12-bit. The system was composed of a low-noise Peltier-cooled digital camera (Hamamatsu, C4742-80-12AG, Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu City, Japan) coupled to a fast-tunable liquid-crystal filter (VariSpec, model VS-VIS2-10HC-35-SQ, Cambridge Research & Instrumentation, Inc., MA), mounted in front of a zoom lens working at 75 mm (of a possible 12 mm to 75 mm) and at $f/11$. An infrared filter was mounted in front of the system to prevent contamination from out-of-band transmission.

Paintings were illuminated by a discharge lamp (OSRAM HQI 150W RX7s) and any illuminant spatial nonuniformities were compensated by imaging a uniform surface in the same location and under the same illuminating conditions

as the paintings. The spectral reflectance of each pixel of the paintings was estimated from a grey reference surface present near the painting. The accuracy of the system in recovering spectral reflectances of oil-painted test samples was on average within 1.3 when expressed by the CIEDE2000 colour difference equation [28]. Further details of the system can be found elsewhere [29]. Figure 7 represents the type of information that it is possible to retrieve from the hyperspectral images. Each pixel of the digital image can provide the reflectance information of the correspondent analysed area on the painting. The selected pixels on the image (a) provide the spectral reflectance from 400 to 720 nm in 10 nm steps (b).

Hyperspectral images processing and chromatic diversity

The data extracted from the two paintings had about 1×10^6 pixels each. Each pixel had the information of the reflectance spectra and covered an area at the surface of the painting of side of about 0.73 mm and 0.46 mm for paintings 1 and 2, respectively. To better analyse the influence of the varnish layer removal, each reflectance spectrum from 400 nm to 720 nm in 10 nm steps was converted into a chromaticity coordinate in a colour space with visual perceptual characteristics built in. This is the CIELAB colour space where colour differences between chromaticity coordinates represent a perceptual difference assuming an observer looking at different samples with the same size under the same viewing conditions [30]. The conversion of the reflectance data into the CIELAB colour space assumed the CIE 1931 standard colorimetric observer and the CIE standard illuminant D65 [30]. Each pixel of the image was then converted into a chromaticity coordinate.

The average of the reflectance spectra was initially considered instead of individual pixel comparison as the data of the two paintings were acquired at different times in similar acquisition setups but not exactly equal, which implies that the same area of the painting before and after the varnish layer removal may not be on the same camera pixel of the correspondent acquired image, precluding the use of individual pixel comparison. To overcome this

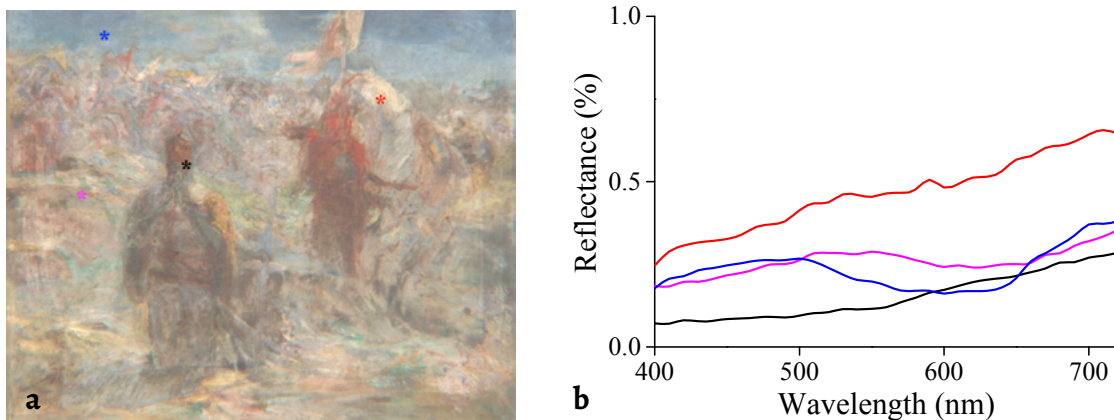


Figure 7. Reflectance spectra (b) obtained from the hyperspectral image of painting 2 in several points (a).

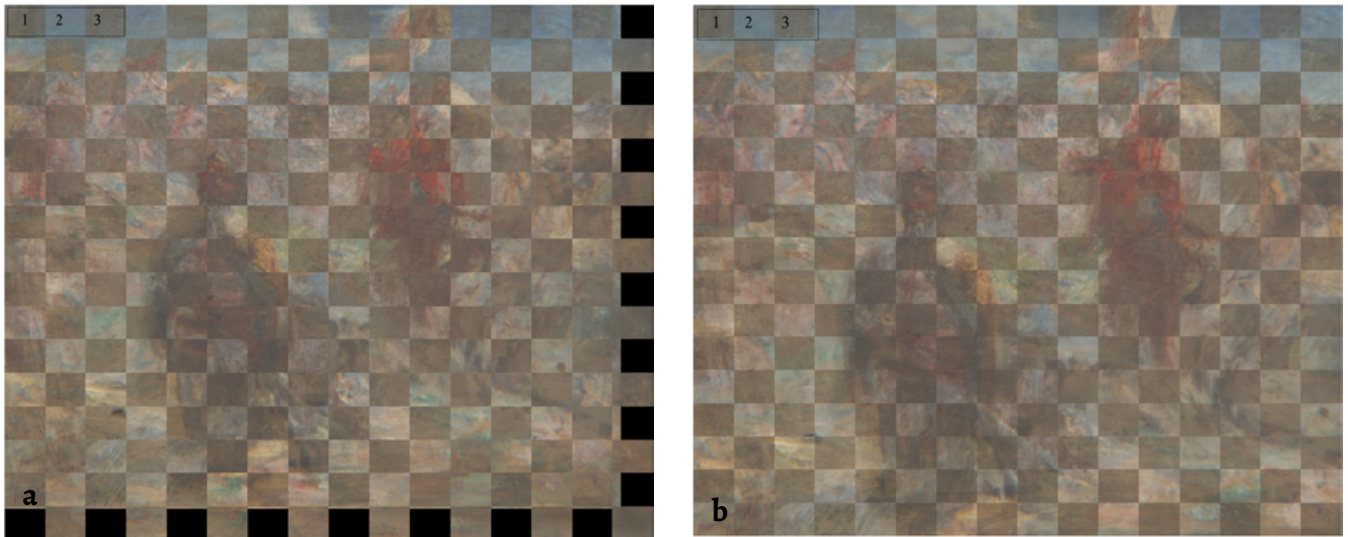


Figure 8. Images of the paintings acquired before and after the varnish layer removal, before (a) and after (b) image registration. The odd squares represent the image before the varnish layer removal and the even squares after this removal. In (a), the absence of image continuity from odd to even squares indicates that the two images are spatially different for each image pixel. After the image registration procedure (b), odd and even squares represent contiguous areas of the image, showing that both image pixels can be correlated.

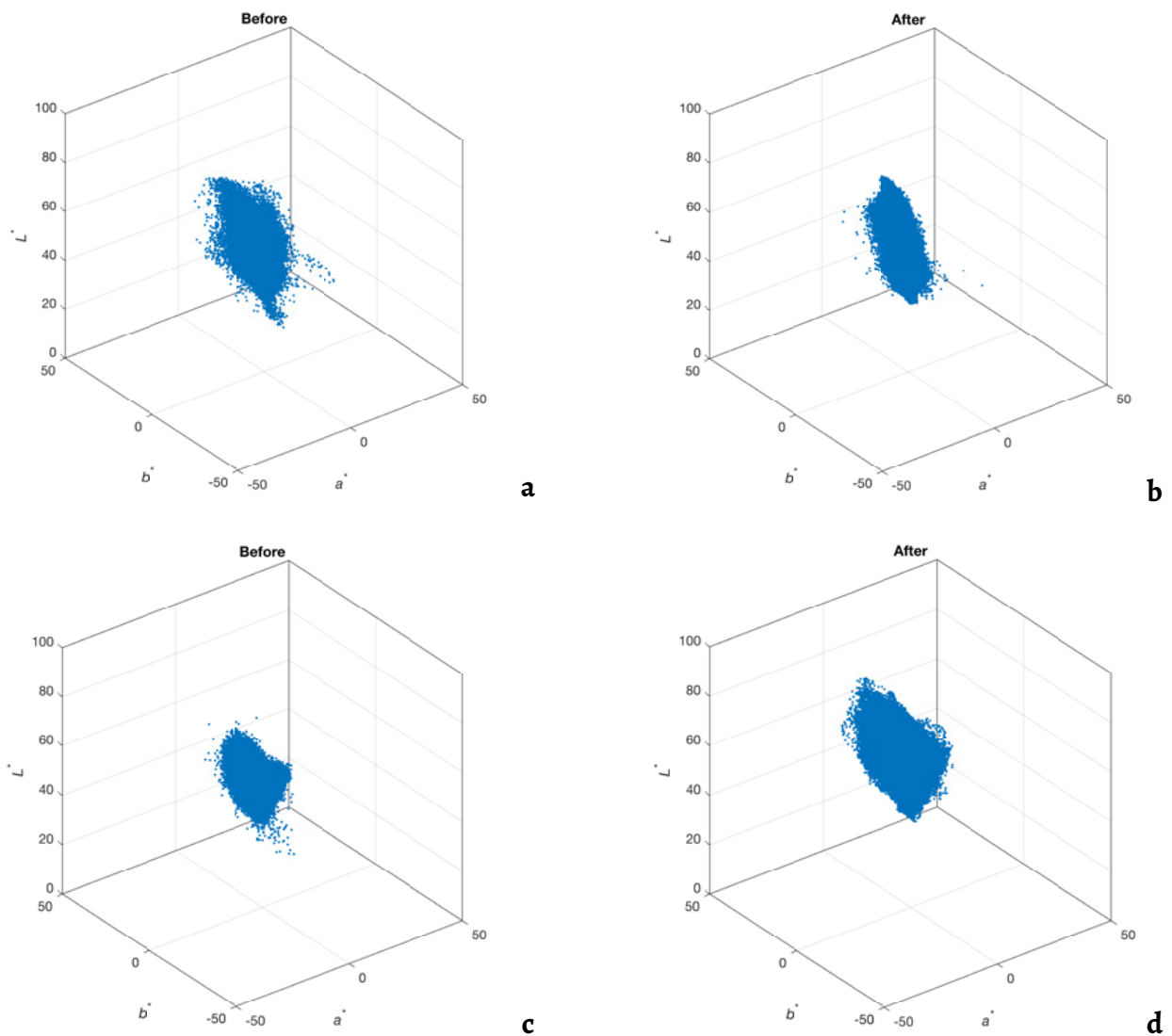


Figure 9. Representation of the image pixels in the CIELAB colour space for painting 1 (a and b) and painting 2 (c and d). Each point in the diagram is a chromaticity coordinate, estimated from the reflectance information, before the removal (a and c) and after the removal (b and d) of the varnish layer. Visual representations of the paintings acquired before and after the removal of the varnish layer are depicted in Figure 16.

limitation, images were spatially registered using Matlab (MathWorks, Natick, MA, USA) in the spatial domain and the results were compared in the CIELAB domain. Figure 8 represents the effect of the image registration process.

Figure 9 represents the chromaticity coordinates in the CIELAB colour space obtained from the reflectance data of painting 1 and 2, before and after the varnish layer removal.

To quantify the chromatic diversity on each painting and analysed condition, two metrics of chromatic diversity were used: the color gamut and the number of discernible colors. The colour gamut was estimated by computing the volume occupied by the convex hull that enclosed all the colours in the CIELAB colour space (convexHull routine, MatLab,

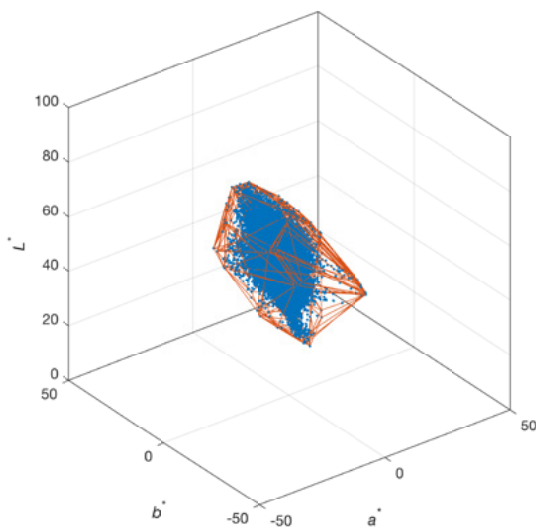


Figure 10. Representation of the convex hull (orange lines) that encloses all the colours inside (blue points). Depicted are the chromaticity coordinates of painting 1, before the removal of the varnish layer.

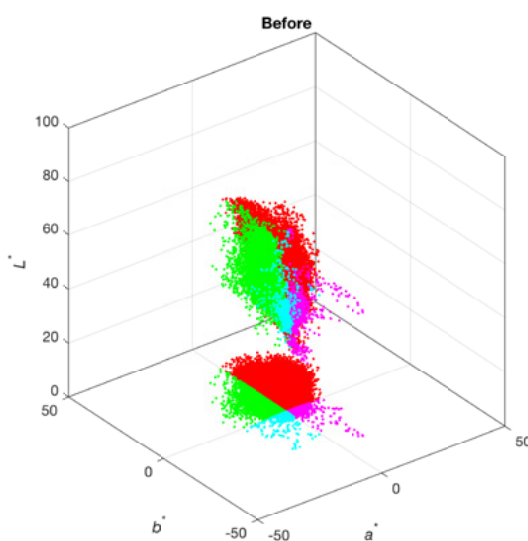


Figure 11. Representation of the segmentation of the CIELAB colour space into four quadrants, disregarding the L^* information, on the 2D projection plot. The point area visible on the lower part of the figure represents the projection of the chromaticity coordinates distributed along the four quadrants (magenta, cyan, green and red for quadrant 1, 2, 3 and 4, respectively).

MathWorks, Natick, MA, USA). Figure 10 represents with orange lines, in the CIELAB colour space, the convex hull estimated to enclose all the colours of painting 1 (represented as blue points), before the removal of the varnish layer. The volume was estimated by computing the volume occupied by the geometric form created by the convex hull (orange lines). An increasing colour gamut was assumed as an increasing chromatic content.

The number of discernible colours was also estimated to represent the chromatic diversity that an observer could perceive when observing the paintings. The number of discernible colours was estimated by segmenting the CIELAB colour volume into a cubic lattice with unitary volume in each individual cube. It was assumed that all the chromaticity coordinates that were inside the same unitary cube could not be distinguishable and were considered as one individual colour. Counting the number of non-empty cubes will provide an estimative of the number of discernible colours [19, 31]. Higher numbers of discernible colours were assumed as an increased chromatic content. The latter estimation will provide information about the chromatic diversity without considering empty volumes that can be computed using the convex hull methodology.

Estimation of the influence of the removal of the varnish layer

The data of the two paintings used in this analysis was obtained using hyperspectral imaging before and after the varnish layer removal. The reflectance spectra of the painting with and without the varnish layer were obtained and used to estimate the average overall effect of the varnish layer. If R_a is the reflectance spectra of an area of a painting after the varnish layer removal and R_b the reflectance spectra of the same area before the varnish layer removal, then it is possible to estimate the overall influence of the varnish layer [30] V_L by $R_a \cdot V_L = R_b \iff V_L = R_b / R_a$, without considering the contribution of each individual layer in the elaboration of the light information that is obtained from the painting [33]. This methodology is an over simplification of the effect of a varnish layer on a coloured surface as described elsewhere [5, 13-14, 34-35]. Nevertheless, for the purpose of analysing the chromatic changes it is a rough methodology that may give fast indicative results [15, 34] which may be of importance when the varnish used to cover the painting is unknown or there is no physical access to the painting to retrieve a sample of the varnish.

The reflectance spectra of the painting before and after the varnish layer removal were averaged across all pixels segmented into correspondent volumes in the CIELAB colour space and used to estimate the influence of the varnish. Such correspondent volumes provided comparison among alike hues. The CIELAB colour volume was segmented into four quadrants, disregarding the L^* information. Quadrant 1, 2, 3 and 4 was considered as $a^* \geq 0$ and $b^* \geq 0$, $a^* > 0$ and $b^* < 0$, $a^* \leq 0$ and $b^* \leq 0$ and $a^* < 0$ and $b^* > 0$,

respectively, attaining the influence of the varnish layer in several areas of the painting correspondent to the same hue. Quadrants 1, 2, 3 and 4 are represented in magenta, cyan, green and red, respectively, in Figure 11.

The varnish layer information obtained was then used to digitally remove the varnish layer of the R_b reflectance towards obtaining the simulated R_{aS} reflectance. The differences between the acquired reflectance R_a and the simulated reflectance R_{aS} was estimated by converting the reflectance information into the CIELAB chromaticity coordinates as described previously and by computing the Euclidean distance ΔE between correspondent pixels' chromaticity coordinates in the CIELAB colour space, assuming

$$\Delta E = \sqrt{(L_a^* - L_{aS}^*)^2 + (a_a^* - a_{aS}^*)^2 + (b_a^* - b_{aS}^*)^2}$$

Results

Chromatic descriptors and variations

Figure 9 represents the chromaticity coordinates of painting 1 and 2, represented in the CIELAB colour volume before and after the removal of the varnish layer. It is possible to see that the volume occupied by the chromaticity coordinates (the colour gamut) on painting 1 decreases while the colour gamut of painting 2 increases with the removal of the varnish layer. The averages of the chromaticity coordinates estimated in the CIELAB colour space are represented in Table 1. The average CIELAB value does not change much when considering painting 1, but on painting 2 removing the varnish will mainly increase the average L^* . If the maximum values are considered, the L^* increases in both paintings, of about 5 and 16 L^* units in paintings 1 and 2, respectively.

Table 1. Average and standard deviation (STD) values of the CIELAB chromaticity coordinates of paintings 1 and 2, before and after the removal of the varnish layer.

Painting	Before (average \pm STD)			After (average \pm STD)		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	40.5 ± 5.2	3.0 ± 1.9	6.0 ± 3.4	40.3 ± 7.2	4.2 ± 2.3	7.3 ± 3.6
2	45.7 ± 3.7	2.4 ± 2.6	9.6 ± 3.2	54.6 ± 6.7	1.8 ± 4.1	8.1 ± 5.6

The percentage variations of some chromatic descriptors and the number of image pixels involved in each computation were estimated by assuming all the CIELAB colour space or each one of its quadrants (Figure 11). In the case of the number of discernible colours or colour gamut estimations, positive values represent an increase and negative values a decrease on the represented quantity, when comparing the painting with varnish with the painting with no varnish layer. For painting 1 a decrease was found in the number of discernible colours and colour gamut estimations either assuming the complete volume or the volume projection on the $CIE(a^*, b^*)$ diagram, as all data are negative. Considering all the chromaticity coordinates (first line of Table 2) the decrease in the colour volume is about 50 % while the number of discernible colours only decreases about 20 %. For painting 2 the number of discernible colours increased by about 146 % and the colour gamut increased by about 65 %, considering all the chromaticity coordinates. For painting 2 all the analysed variations presented an increase after removal of the varnish layer. In both cases the majority of the pixels are in quadrant 1, with the remaining quadrants presenting very few pixels, hence the big variations when considering

Table 2. Percentage of chromatic variations with the removal of the varnish layer for paintings 1 and 2, assuming the entire amount of available chromaticities, and the available chromaticities in each CIELAB quadrant.

	Chromaticity coordinates	Number of discernible colours		Colour gamut		Percentage of pixels used (%)	
		CIELAB	$CIE(a^*, b^*)$	CIELAB	$CIE(a^*, b^*)$	Before	After
Painting 1	All	-20.7	-49.6	-54.9	-59.5	100	100
	Q1	-13.8	-38.9	-41.4	-38.4	96.4	97.8
	Q2	-51.4	-60.9	-59.5	-67.7	0.5	0.3
	Q3	-42.5	-58.6	-81.8	-84.1	0.1	0.1
	Q4	-30.1	-58.8	-58.2	-55.2	3	1.8
Painting 2	All	146.6	91.2	65.3	65.8	100	100
	Q1	130.2	77.0	84.0	109.2	84.2	67.3
	Q2	371.5	173.7	38.8	34.5	0	0.2
	Q3	277.2	116.4	47.7	61.8	0.4	8.5
	Q4	130.6	78.9	56.6	119.2	15.4	24

Notes: Data are presented for the number of discernible colours, the volume and the area estimated by convex hull (estimating the colour gamut) assuming all the dimensions of the CIELAB colour space and ignoring L^* , respectively. Negative values represent a decrease and positive values an increase in the analysed quantity.

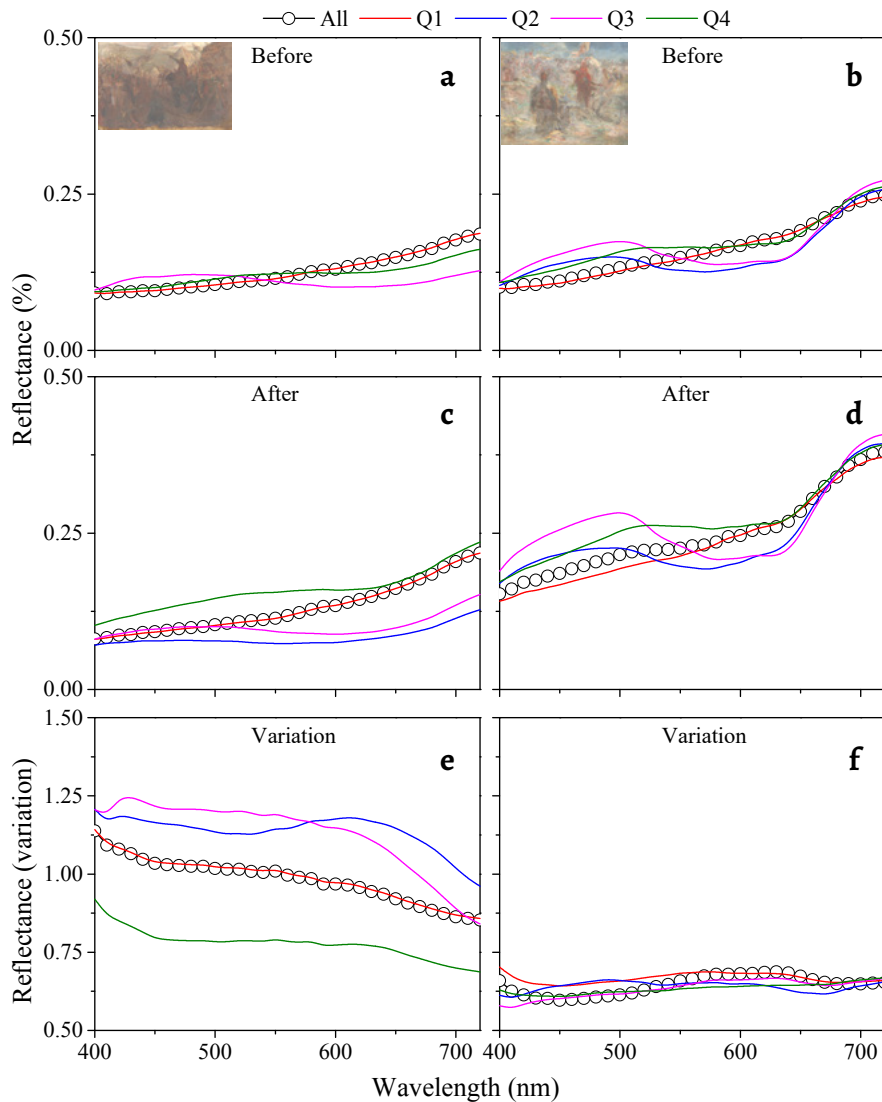


Figure 12. Reflectance data correspondent to the influence of the varnish layer: painting 1 (*a*, *c* and *e*) and painting 2 (*b*, *d* and *f*). Black line with open circles represents the average reflectance across all pixels, and the red, blue, magenta and green lines represent the average across the pixels that have colours that are represented on quadrant 1, 2, 3 and 4 of the CIELAB colour volume respectively. *a*) and *b*) represent data for before the varnish layer removal and *c*) and *d*) for after varnish layer removal. *e*) and *f*) represent the differences between them in variations of the reflectance.

the variations per quadrant that can increase up to 371 % for painting 2 and quadrant 2 or a decrease of about 81 % for painting 1 and quadrant 3. Only on painting 2 the removal of the varnish layer will provide a redistribution of the number of pixels for other quadrants with some impact, but with little effect (identical variations across quadrants) on the chromatic descriptors, indicating that the number of pixels with identical colours increased.

Estimating the effect of the varnish layer

The effect of the varnish layer was estimated by computing the spectral reflectance differences between the same painting with and without the varnish layer. The estimated differences in the reflectance spectra higher than one will represent a decrease in the overall chromatic descriptors, and a difference smaller than one will represent an increase in the overall chromatic descriptors. Figure 12 represents such variations. On Figures 12*a* and 12*b* the average

reflectance estimated across the entire number of pixels (black line with open circles) is represented for painting 1 and painting 2, still with the varnish layer serving as protective layer. Also represented in red, blue, magenta and green are the average of the reflectances for the pixels that are represented on the quadrant 1, 2, 3 and 4 of the CIELAB colour space (Figure 11). Figures 12*c* and 12*d* represent the same data but considering paintings after the varnish layer removal. Figures 12*e* and 12*f* represent the estimated spectral influence of the varnish layer when computing the differences between the imagens with and without the varnish layer estimated across the entire number of pixels (black line with open circles) and for quadrant 1, 2, 3 and 4 of the CIELAB colour space (in red, blue, magenta and green, respectively).

It was found that the difference in the average reflectances between before and after the varnish removal will provide average reflectances higher than one for painting 1 and

smaller than one for painting 2 (as represented on Figures 12e and 12f), which will provide a smaller number of discernible colours and colour gamut for painting 1 and higher number of discernible colours and colour gamut for painting 2, as described in Table 2. It was found that in all cases the average across all pixels will closely follow the average of the pixels that have colours on quadrant 1 – which is not a surprise, considering the number of pixels that are represented in quadrant 1 for both paintings.

To test the influence of the averaged spectral properties of the removed varnish layer, two methodologies were used. In both the varnish layer was digitally removed and the resulting image was then compared with the painting with the varnish layer effectively removed. The digital removal of the varnish layer was done assuming the average spectral information across colours and paintings, as represented in Figure 13 with the black line and open circles (labelled as simulation 1) and assuming each varnish layer for each painting distributed into quadrants, as represented in Figures 12e and 12f (and labelled as simulation 2). Differences between the expected image and the simulations were estimated by computing the Euclidean distance between the expected and obtained CIELAB coordinates, and represented as a distribution of frequencies.

Figure 14 represents the results for simulation 1 (averages across colours and paintings) with red bars and for simulation 2 (averages across quadrants and paintings' own information) with black bars for paintings 1 and 2. It was found that there is a higher frequency of smaller errors for simulation 2 (black bars) for both paintings. This result indicates that simulation 2 provides fewer chromatic errors when comparing the painting and the simulation without varnish layer. As such, for the purpose of this work, only simulation 2 will be considered further on when analysing the data. The most frequent chromatic error estimated in

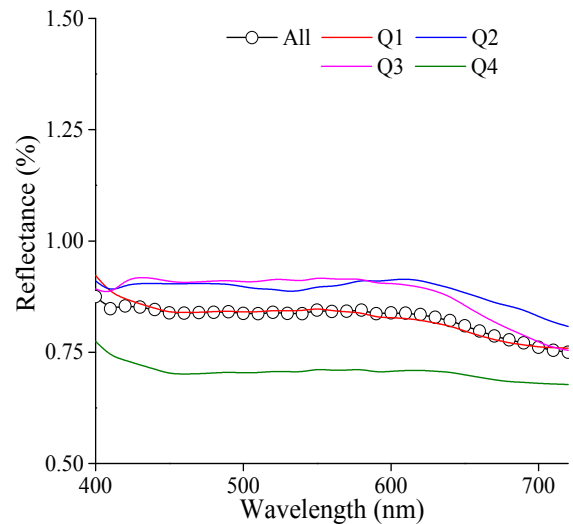


Figure 13. Average of the reflectance of the effect of the varnish layer, estimated across quadrants and paintings (red, blue, magenta and green for quadrant 1, 2, 3 and 4, respectively) and across entire set of colours and paintings (black line with open circles).

the CIELAB colour space was of 3 and 5 ΔE units for paintings 1 and 2, respectively, indicating that the methodology used was more effective on painting 1. If only the chromatic error is considered, ignoring the L^* information, the most frequent error in the $CIE(a^*,b^*)$ chromaticity diagram was found to be 2 and 3 ΔE units for paintings 1 and 2, respectively, as represented in Figure 15. The number of pixels involved in errors in which $\Delta E \geq 10$ is 4.6 % and 12.8 %, for paintings 1 and 2, respectively, when estimated in CIELAB, and 1.4 % and 5.6 %, when estimated in $CIE(a^*,b^*)$. These results suggest that the methodology used is better at predicting the chromatic changes rather than predicting lightness.

Table 3 represents the average CIELAB values for the simulated paintings without the varnish layer, assuming the removal of varnish effect estimated using each painting's

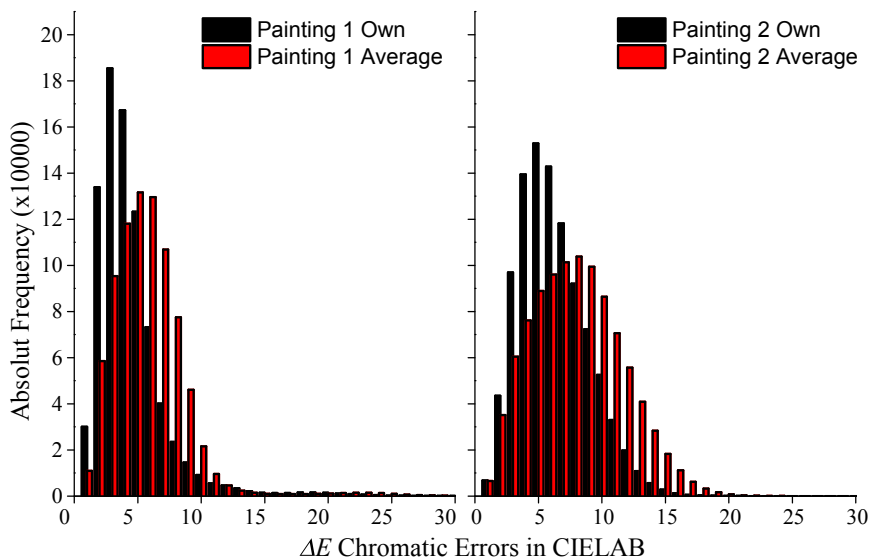


Figure 14. Representation of the error frequency in CIELAB when comparing the real painting with the simulated one, assuming the information of the varnish layer averaged across colours and paintings (simulation 1, red bars) and across quadrants using the painting's own information (simulation 2, black bars), for painting 1 (a) and painting 2 (b).

varnish layer information averaged across the four quadrants (simulation 2). It was found that the average CIELAB values obtained from simulation 2 are not much different from the ones obtained after the measurement of the painting without the varnish layer and represented on the right side of Table 1. Nevertheless, when further chromatic descriptors are used, it is visible that the simulation does not quite agree with the expected final result of removing the varnish layer. Table 4 represents the percentage variations of these chromatic estimators, namely the number of discernible colours and the colour gamut and the number of pixels of the total image used in each estimation. As in Table 2, positive numbers represent an increase and negative values a decrease of the analysed quantity. It was found that for painting 1 the simulated number of discernible colours and colour gamut is greater than the real one, which represents an overestimation of the chromatic content, while for painting 2 the same chromatic descriptors are lesser than the real ones, which represents an underestimation of the chromatic content. For painting 2 it was found that the colour gamut of quadrant 2 and 3 was overestimated, but considering the number of pixels of the image involved such outcome can be overlooked. The same criteria can be applied to painting 1 and the huge overestimation of the colour gamut of quadrant 3 and 4 of about 326 % and 180 %, respectively, as the number of pixels involved is, again, small.

Figure 16 represents visual simulations of the results obtained when applying the virtual removal of the varnish layer using simulations 1 and 2. On Figures 16a and 16b, and 16c and 16d are represented, for comparison, the paintings with and without the varnish layer, respectively.

Table 3. Average and standard deviation (STD) values of the CIELAB chromaticity coordinates of paintings 1 and 2, after the simulation of the removal of the varnish layer – simulation 2.

Simulation (average ± STD)			
Painting	L^*	a^*	b^*
1	40.7 ± 5.4	4 ± 2	7.4 ± 3.5
2	54.5 ± 4.4	2.8 ± 3.1	9.4 ± 3.6

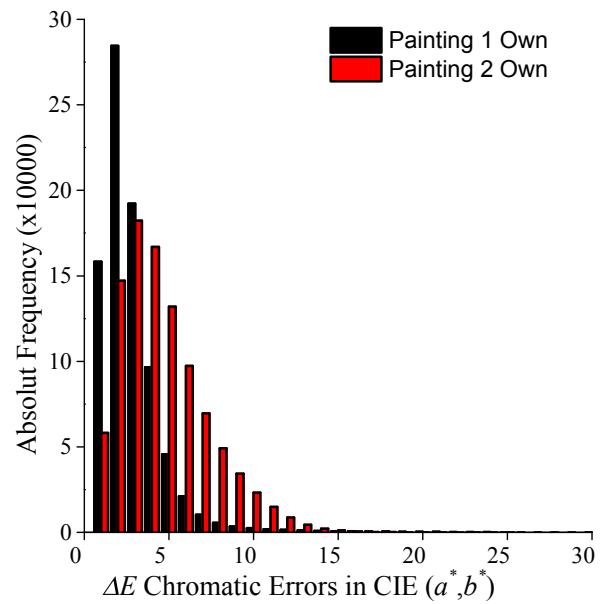


Figure 15. Representation of the error frequency in CIE (a^*, b^*) when comparing the real painting with the simulated one, assuming the information of the varnish layer averaged across quadrants using the painting's information (simulation 2), for painting 1 (black bars) and painting 2 (red bars).

Table 4. Percentage of chromatic variations with the simulation of the removal of the varnish layer for paintings 1 and 2, assuming the entire amount of chromaticities available, and the chromaticities available in each CIELAB quadrant.

	Chromaticity coordinates	Number of discernible colours		Colour gamut		Percentage of pixels used (%)
		CIELAB	CIE(a^*, b^*)	CIELAB	CIE(a^*, b^*)	Before
Painting 1	All	33.1	109.0	128.2	172.7	100
	Q1	26.2	78.0	89.0	86.3	97.2
	Q2	56.5	113.3	113.5	144.1	0.3
	Q3	27.3	93.5	326.6	356.9	0.1
	Q4	58.8	176.1	179.5	189.1	2.4
Painting 2	All	-42.3	-31.7	-19.1	-4.9	100
	Q1	-41.1	-30.2	-33.1	-30.1	84.1
	Q2	-52.5	-47.1	15.4	39.0	0.1
	Q3	-49.1	-24.1	13.8	30.2	0.9
	Q4	-43.9	-34.8	-19.9	-31.4	14.9

Notes: Data are presented for the number of discernible colours, the volume and the area estimated by convex hull (estimating the colour gamut) assuming all the dimensions of the CIELAB colour space and ignoring L^* , respectively. Negative values represent a decrease and positive values an increase in the analysed quantity.



Figure 16. Visual representations of painting 1 (*a, c, e* and *g*) and painting 2 (*b, d, f* and *h*) before the varnish layer removal (*a* and *b*), after the varnish layer removal (*c* and *d*) and simulated for the removal of the varnish layer for simulation 1 (*e* and *f*) and simulation 2 (*g* and *h*).

Discussion and Conclusion

Former methodologies described the digital restoration of artistic paintings, either based on spectral information [5-6] or colour information with input from spectral data [7-8] or without [10-11]. Nevertheless, the presented methods, although more representative of the optical effects in place since the light cast on the painting and is reflected and viewed or acquired [12-13, 15-16, 35], either require the knowledge of the transmittance spectra of the varnish used as a protective layer, or intend to simulate the cleaning and posterior reposition of the varnish layer.

The method proposed here is based on the comparison of the reflectance spectra of hyperspectral images from 400 nm to 720 nm in 10 nm steps of two artistic paintings from Adriano de Sousa Lopes acquired with and without the original aged protective varnish layer.

The purpose of such comparison disregarding the more complex and complete optical simulations is to provide a fast and comprehensive tool to simulate the effect of the aged varnish layer on the painting perception, assuming no previous knowledge of the varnish layer. Assuming no previous knowledge of the varnish layer is important as it may be composed of aged yellowish varnish, layers of dirt and dust and non uniform overlays, not only an uniform layer of transparent varnish.

The use of the spectral properties of the painting's varnish layer will provide lower chromatic errors estimated in the CIELAB colour space, when comparing the painting before and after the varnish layer removal. Using an average spectral influence of the varnish layer will produce poorer results, although in both cases the errors created are higher than the detection threshold estimated for complex images of $\Delta E = 2.2$ in the CIELAB colour space [36]. If only the chromatic differences are considered and lightness is ignored, the existing errors are smaller, which seems to indicate that the methodology here used is better at predicting chromatic changes rather than lightness changes.

The methodology here described was tested only over the visible range of the spectrum, excluding the assessment of the impact of the ultraviolet and infrared radiation. The colour space and colour difference formula used is also known for its non-uniformities [28]. The light source in use to light artistic painting has a strong impact on the perceived colour [19, 21]. On this work only the CIE D65 illuminant was considered leaving the impact of using other illuminants or unknown light sources. It was also assumed that the white reference was outside of the painting under analysis. Nevertheless, since the errors were compared intra and not inter paintings the non-uniformities are minimized, and the use of such colour space and colour difference formula are an advantage due to their simplicity and wide use [30].

The use of the number of discernible colours and colour gamut as chromatic descriptors were proved valuable as presenting the average CIELAB colour coordinates of the

paintings' chromatic content before and after the varnish layer removal was not enough, as these data were found to be almost the same, while the chromatic descriptors were not. Dividing the CIELAB colour space into quadrants and performing the analysis using the information separated accordingly did not provide better results. It was used nevertheless, as it enables estimations and comparisons of the colours that changed quadrants with the removal of the varnish layer.

Despite the limitation of this study, the presented findings seem to indicate that the chromaticities of the paintings can be digitally estimated as if seen without the protective aged varnish layer, but further analysis is necessary to improve the digital removal of the varnish layer.

Acknowledgments

Thanks to the Foundation for Science and Technology through the HERITAS doctoral program (REF.^a: PD/00297/2013), (co-financed by the European Social Fund through the Operational Programs for the 2014-2020 programming period of Portugal 2020), by the financing of the scholarship of Liliana Cardeira (PD/BD/128381/2017).

REFERENCES

1. Vicente, J. P., 'Estudio analítico de materiales empleados en barnices, aglutinantes y consolidantes en obras de arte mediante métodos cromatográficos y espectrométricos', PhD dissertation, Universitat de València, València (2007), <http://roderic.uv.es/handle/10550/15821>.
2. Ortiz, A. S., *Restauración de Obras de Arte: Pintura de Caballete*, Ediciones AKAL, Madrid (2002).
3. Nicolaus, K., *Manual de Restauración de Cuadros*, Könemann, Köln (1999).
4. 'E.C.C.O – Professional Guidelines II. Code of ethics', <http://www.ecco-eu.org/documents/> (accessed 2019-6-10).
5. Trumpy, G.; Conover, D.; Simonot, L.; Thoury, M.; Picollo, M.; Delaney, J. K., 'Experimental study on merits of virtual cleaning of paintings with aged varnish', *Optics Express* **23**(2015) 33836-33848, <https://doi.org/10.1364/OE.23.033836>.
6. Elias, M.; Cotte, P., 'Multispectral camera and radiative transfer equation used to depict Leonardo's sfumato in Mona Lisa', *Applied Optics* **47**(12) (2008) 2146-2154, <https://doi.org/10.1364/AO.47.002146>.
7. Berns, R. S.; Byrns, S.; Casadio, F.; Fiedler, I.; Gallagher, C.; Imai, F. H.; Newman, A.; Taplin, L. A., 'Rejuvenating the color palette of Georges Seurat's A Sunday on La Grande Jatte – 1884: A simulation', *Color Research Application* **31**(4) (2006) 278-293, <https://doi.org/10.1002/col.20223>.
8. Berns, R. S., 'Rejuvenating the appearance of cultural heritage using color and imaging science techniques', in *AIC Colour 2005. Proceedings of the 10th Congress of the International Colour Association*, ed. J. L. Nieves & J. Hernández-Andrés, International Colour Association (2005) 369-374.
9. Berns, R. S.; Rie, E. R. de la, 'The effect of the refractive index of a varnish on the appearance of oil paintings', *Studies in Conservation* **48**(4) (2003) 251-262, <https://doi.org/10.1179/sic.2003.48.4.251>.
10. Barni, M.; Bartolini, F.; Cappellini, V., 'Image processing for virtual restoration of artworks', *IEEE Multimedia* **7**(2) (2000) 34-37, <https://doi.org/10.1109/93.848424>.

11. Pappas, M.; Pitas, I., 'Digital color restoration of old paintings', *IEEE Transaction on Image Processing* **9**(2) (2000) 291-294, <https://doi.org/10.1109/83.821745>.
12. Faul, F.; Ekroll, V., 'Psychophysical model of chromatic perceptual transparency based on subtractive color mixture', *Journal of the Optical Society of America A* **19**(6) (2002) 1084-1095, <https://doi.org/10.1364/JOSAA.19.001084>.
13. Simonot, L., 'Photometric model of diffuse surfaces described as a distribution of interfaced Lambertian facets', *Applied Optics* **48**(30) (2009) 57-93, <https://doi.org/10.1364/AO.48.005793>.
14. Elias, M.; Simonot, L.; Menu, M., 'Bidirectional reflectance of a diffuse background covered by a partly absorbing layer', *Optics Communication* **191**(1-2) (2001) 1-7, [https://doi.org/10.1016/S0030-4018\(01\)01087-2](https://doi.org/10.1016/S0030-4018(01)01087-2).
15. Simonot, L.; Elias, M., 'Color change due to a varnish layer', *Color Research Application* **29**(3) (2004) 196-204, <https://doi.org/10.1002/col.20008>.
16. Rie, E. R. de la, 'The influence of varnishes on the appearance of paintings', *Studies in Conservation* **32**(1) (1987) 1-13, <https://doi.org/10.1179/sic.1987.32.1.1>.
17. Cosentino, A., 'Multispectral imaging system using 12 interference filters for mapping pigments', *Conservar Patrimônio* **21**(1) (2015) 25-38, <https://doi.org/10.14568/cp2015005>.
18. Cotte, P.; Dupraz, D., 'Spectral imaging of Leonardo Da Vinci's Mona Lisa: A true color smile without the influence of aged varnish', *Color Graphics Imaging and Vision* **3** (2006) 311-317.
19. Linhares, J. M. M.; Pinto, P. D. A.; Nascimento, S. M. C., 'Color rendering of art paintings under CIE illuminants for normal and color deficient observers', *Journal of the Optical Society of America* **26**(7) (2009) 16-68, <https://doi.org/10.1364/JOSAA.26.001668>.
20. Nascimento, S. M. C.; Linhares, J. M. M.; Montagner, C.; João, C. A. R.; Amano, K.; Alfaro, C.; Bailão, A., 'The colors of paintings and viewers' preferences', *Vision Research* **130** (2017) 76-84, <https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.11.006>.
21. Pinto, P. D.; Linhares, J. M. M.; Nascimento, S. M. C., 'Correlated color temperature preferred by observers for illumination of artistic paintings', *Journal of the Optical Society of America A* **25**(3) (2008) 623-630, <https://doi.org/10.1364/JOSAA.25.000623>.
22. Cardeira, L.; Bailão, A. (ed.), Adriano de Sousa Lopes. Conservação e Restauro das Obras Académicas Pertencentes ao Espólio da Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, CIEBA, Lisboa (2018).
23. Phenix, A., Solvent abuse: Some observations on the safe use of solvents in the cleaning of painted and decorated surfaces. The building conservation directory, Cathedral Communications, London (1997).
24. Murcia, L., "Reemplazo de solventes tóxicos: Una propuesta práctica para los talleres de restauración de nuestro país.", in *Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio; IV Congreso Iberoamericano y XII Jornada de Técnicas de Reparación y Conservación del Patrimonio*, ed Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMITE), La Plata, Argentina (2015) 421-429, <http://digital.cic.gba.gov.ar/handle/11746/1369> (Accessed at 2019-06-24).
25. Barros, J. M., 'Sistema de limpeza desenvolvidos por Richard Wolbers', in *Seminário sobre a limpeza de pinturas de caballete*, ed. V. Ramón, J. Barros & M. Poveda, Editorial Universidade Politécnica de Valência, Valencia, 62-65.
26. Wolbers, R., *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods*, Archetype Publications, London (2000).
27. Arslanoglu, J.; Learner, T., 'The evaluation of Laropal A81: Paraloid B-72 polymer blend varnishes for painted and decorative surfaces – appearance and practical considerations', *The Conservator* **25**(1) (2001) 62-72, <https://doi.org/10.1080/01410096.2001.9995165>.
28. Luo, M. R.; G. Cui, G.; Rigg, B., 'The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000', *Color Research Application* **26**(5) (2001) 340-350, <https://doi.org/10.1002/col.1049>.
29. Pinto, P. D.; Linhares, J. M. M.; Carvalhal, J. A.; Nascimento, S. M. C., 'Psychophysical estimation of the best illumination for appreciation of Renaissance paintings', *Visual Neuroscience* **23**(3-4) (2006) 669-674, <https://doi.org/10.1017/S0952523806233340>.
30. Carter, E. C.; Ohno, Y.; Pointer, M. R.; Robertson, A. R.; Sève, R.; Schanda, J. D.; Witt, K., *Colorimetry, 15:2004*, 3th ed., Commission Internationale de l'Éclairage, Viena (2004).
31. Pointer, M. R.; Attridge, G. G., 'The number of discernible colours', *Color Research Application* **23**(1) (1998) 52-54, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199802\)23:1<52::AID-COL8>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199802)23:1<52::AID-COL8>3.0.CO;2-2).
32. Palomero, C. M. T.; Soriano, M. N., 'Digital cleaning and "dirty" layer visualization of an oil painting', *Optical Express* **19**(21) (2011) 21011-21017, <https://doi.org/10.1364/OE.19.021011>.
33. Kubelka, P., 'New Contributions to the optics of intensely light-scattering materials part II: nonhomogeneous layers', *Journal of the Optical Society of America A* **44**(4) (1954) 330-335, <https://doi.org/10.1364/JOSA.44.000330>.
34. Saunderson, J. L., 'Calculation of the Color of Pigmented Plastics', *Journal of the Optical Society of America A* **32**(12) (1942) 727-736, <https://doi.org/10.1364/JOSA.32.000727>.
35. Elias M.; Simonot, L.; Thoury, M.; Frigerio, J. M., 'Bi-directional reflectance of a varnished painting', *Optics Communication* **231**(1-6) (2004) 25-33, <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2003.12.008>.
36. Aldaba, M. A.; Linhares, J. M. M.; Pinto, P. D.; Nascimento, S. M. C.; Amano, K.; Foster, D. H., 'Visual sensitivity to color errors in images of natural scenes', *Visual Neuroscience* **23**(3-4) (2006) 555-559, <https://doi.org/10.1017/S0952523806233467>.

RECEIVED: 2018.12.8

REVISED: 2019.4.8

ACCEPTED: 2019.4.29

ONLINE: 2020.7.31



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>.

Debitus grisailles for stained-glass conservation: an analytical study

As grisalhas Debitus para conservação de vitral: um estudo analítico

CARLA MACHADO^{1,2*}
ANDREIA MACHADO^{1,2}
TERESA PALOMAR³
LUÍS CERQUEIRA
ALVES⁴
MÁRCIA VILARIGUES^{1,2}

1. Department of Conservation and Restoration, Faculty of Science and Technology, NOVA University of Lisbon, Portugal
2. Research Unit VICARTE – Glass and Ceramics for the Arts, Faculty of Science and Technology, NOVA University of Lisbon, Portugal
3. Institute of Ceramic and Glass, Spanish National Research Council (ICV-CSIC), Madrid, Spain
4. C2TN, IST/CTN, University of Lisbon, Portugal
* cf.machado@campus.fct.unl.pt

Abstract

Grisaille is one of the oldest and most widely used vitreous paint applied for the production of stained-glass panels and Debitus is one of the most renowned commercial brands whose grisailles are frequently used for the chromatic reintegration in stained-glass window restoration. This article presents the morphological, chemical and thermal analyses of five grisailles from Debitus, to evaluate their properties before and after firing with the objective of knowing their future stability. The characterisation was carried out by optical microscopy, scanning electron microscopy, particle induced X-ray emission, X-ray diffraction, and infrared thermography. This study showed a well-balanced ratio between the different components and a good interdiffusion into the glass, as well as a consistent thermal behaviour between them and with the glass, which indicates the good stability and durability of these materials.

Resumo

A grisalha é uma das pinturas vítreas mais antigas e mais usadas na produção de painéis de vitral, e Debitus é uma das marcas comerciais mais conhecidas. As suas grisalhas são frequentemente utilizadas para reintegração cromática em restauro de vitral. Este artigo apresenta a análise química, morfológica e térmica de cinco grisalhas da Debitus, avaliando as suas propriedades antes e depois da cozedura com o objetivo de compreender a sua futura estabilidade. A caracterização foi realizada por microscopia ótica, microscopia eletrónica de varrimento, emissão de raios X induzida por partículas, difração de raios X e termografia de infravermelho. Este estudo demonstrou uma relação equilibrada entre os diferentes componentes e uma boa interdifusão no vidro por parte destes, tal como um comportamento térmico consistente entre eles e com o vidro, o que indica uma boa estabilidade e durabilidade destes materiais.

KEYWORDS

Glass painting
Stained-glass windows
Grisailles
Debitus
Conservation
Analytical study

PALAVRAS-CHAVE

Pintura sobre vidro
Vitral
Grisalha
Debitus
Conservação
Estudo analítico

Introduction

Grisaille is a glass-based paint applied in the production of stained-glass panels, normally used for the creation of outlines and shadows [1]. These paints generally appear with dark colours (black, brown); however, it is also possible to find light hues, as white [2]. The grisailles are produced by mixing metals oxides with a ground lead-based glass. The obtained powder is mixed with a vehicle agent, such as vinegar and water, which will give the necessary plasticity to paint, and gum arabic as a temporary binding agent [1-3]. After fired, at temperatures between 650 and 700 °C, a thin layer of colourless glass with the metal oxides embedded is formed on the top of the glass panel, as showed in Figure 1 [2, 4].

These paints were initially produced in the stained glass workshops by the glass painters themselves, as reported in the historical written sources [1]; however, glass paint manufacturers, like Lacroix & C^{ie} founded in 1855 in Paris, made their products commercially available during the 19th century [5]. The separation between the manufacturer and the user resulted in conservation problems that persist until today, such as the incompatibility between the painting materials and the glass panels that can lead to the detachment of the paint layers [6].

During the middle of the 20th century, Lacroix & C^{ie} stopped the production because the demand was not enough to be rentable. However, at the end of the 20th century, the French section of the International Institute of Conservation (IIC), in partnership with the Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH), felt the need to create new formulations of glass paints to be used in conservation and restoration works. This investigation was trusted to Hervé Debitus, a conservator and specialist in painting on glass [7].

In the article *Recherche pour une formulation nouvelle de grisailles*, published in 1991, Debitus introduced new grisailles formulations based, not only on medieval

treatises, but also on the manuscripts of Lacroix & C^{ie} [8]. These paints started to become available commercially since this date and they are sold until nowadays, being one of the most used in contemporary art and for conservation and restoration works.

The Debitus grisailles are applied in the conservation and restoration of stained-glass windows for the chromatic reintegration during the process of filling losses. To avoid future conservation problems in the historical windows, it is important not only to understand the chemical and physical properties of the materials of the windows itself, but also the materials used in the conservation and restoration procedures. Therefore, the objective of this work was to characterise the commercial grisailles from Debitus to better understand their future stability and compatibility with the historical stained-glass windows.

Methodology

Materials selection

For the evaluation of the materials, five of the most common grisailles were selected: 1) one black (Noir Ordinaire); 2) two browns (Brun XIII and Brun XVI); 3) two whites (Depoli Incolore and Mousseline). This choice was made by their representativeness within the colours found on historical grisailles. The commercial grisailles were prepared by mixing them with water and gum arabic (less than 1 wt. %) and painted on 2 cm x 2 cm squares on the non-tinned side of float glasses (soda-lime silicate glasses). The grisailles were fired in a side-heated electric furnace BARRACHA-Model E1. They were heated with a temperature ramp of 3 °C/min up to 680 °C, followed by a dwell of 30 minutes and a slow cooling. The grisailles were studied before and after the firing process to assess the changes in the chemical composition and colour during the thermal treatment (Figure 2).

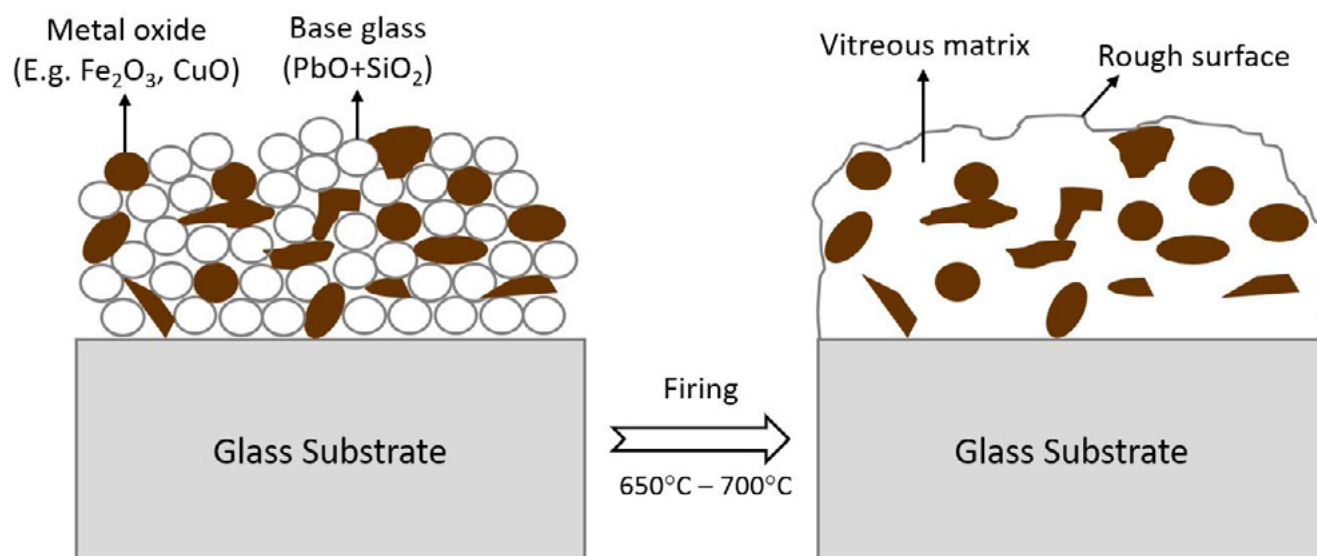


Figure 1. Schematic representation of grisaille paint layer in cross-section, before and after firing (following [2]).

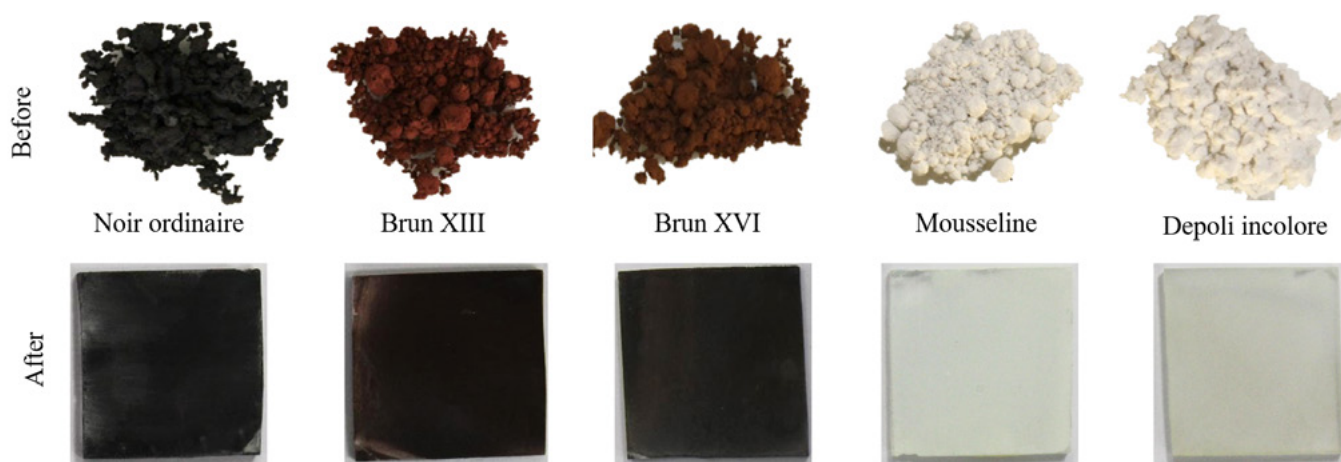


Figure 2. Grisailles selected for the study, before and after firing.

Analytical techniques

The samples were characterised before and after firing with a set of different techniques: 1) optical microscopy (OM); 2) scanning electron microscopy (SEM-EDS); 3) particle induced X-ray emission (μ -PIXE); 4) X-ray diffraction (XRD); 5) infrared thermography.

In order to analyse the grisaille cross-sections for μ -PIXE and SEM-EDS, the painted grisailles were cut with a steel wire with a diamond point and mounted in epoxy resin (Araldite 2020) from Huntsman and polished with up to 4000 grit with a SiC paper.

The μ -PIXE analysis were made in the IST 2.5 MV Van de Graaff accelerator facility using an OM150 Oxford Microbeams scanning nuclear microprobe. The produced X-rays were collected with a 160 eV resolution Bruker SDD detector. With the microprobe beam scanning system, elemental distribution maps were obtained, and specific regions of interest were selected for quantitative analysis. Operation and basic data manipulation was achieved using OMDAQ software; quantitative analyses were done with the GUPIXWIN program. Each sample was analysed in three different areas/regions and the average of the results in oxides was calculated and normalised to 100 wt. %.

The morphology of the grisaille powders was observed by transmitted light in an optical microscopy under plane and cross-polarised light. The microscope, an Axioplan 2 from Zeiss, is equipped with a halogen light HAL100 and a digital camera (Nikon DMX1200F).

The scanning electron microscope, complies a Hitachi S2400 model equipped with a Rontec standard EDS detector, operating at a beam acceleration voltage of 20 kV for analyses, and a backscattered electron (BSE) detector for imaging.

X-ray diffraction was applied for the identification of the crystallographic phases. It was performed on a Benchtop X-Ray Diffractometer RIGAKU model MiniFlex II, using a monochromatic X-ray source (Cu K α line) operated at 30 kV of acceleration voltage and 15 mA current. The spectra were

acquired between 10 and 90° at 2°/min. The identification was made by comparison with the RRUFF database [9].

The characterisation of the surface thermal behaviour of grisailles was carried out by infrared thermography using a FLIR Therma-CAM B4 (7.5 to 13 μ m wavelength range, -20 to +130 °C temperature range and 0.08 °C of temperature accuracy) equipped with a 25° FOV (Field of View) lens. As the analyses did not aim to acquire accurate temperature measurements but to detect thermal anomalies and perform active thermography calculations, emissivity was set to a constant value (0.96). The camera was set at 40 cm distance from the samples, which were placed vertically on a support covered with an aluminium foil with the painted side facing to the camera. For thermal excitation, a heater with a hot air flux located at 40 cm from the grisaille samples was used. The acquisition lasted 10 minutes: 5 minutes during heating and 5 minutes cooling after turning off the heating source with a frequency of acquisition of one capture every 30 seconds. The analyses were done in a dark room with an environmental temperature ~20 °C throughout the experiment.

Results and Discussion

Chemical and crystallographic characterisation

The theoretical composition of the grisailles was published in 1991 by H. Debitus [8], which are reproduced in Table 1 for the grisailles selected. It is possible to observe that some of the grisailles are produced using a mixture of the previously prepared ones. Nowadays, due to the patent protection, the information given by the company is limited; for example, Debitus only says that the grisailles are constituted by a mixture of a "Rocaille" (5SiO₂·4PbO) with metal oxides as colorant [10].

The performed analysis of the grisailles by μ -PIXE and XRD determined the chemical composition and the crystallographic phases (Table 2).

Comparing the results from Table 2 with the information on Table 1, it is possible to notice a difference between the theoretical compositions proposed by Debitus in 1991 [8] and the compositions analysed by μ -PIXE in the selected grisailles. In contrast to the theoretical compositions, manganese was used together with iron as colouring agent in the black paints (grisaille Noir Ordinaire), as well as tin and aluminium which opacify the paint to obtain a white material in the grisaille Depoli Incolore.

The compositions in the darker grisailles do not present significant changes before and after firing, just a slight

increase on the lead and silica concentrations after firing and, by consequence, a decrease in the metallic oxides, mainly in the iron concentration. But in the white grisailles, it is possible to see a significant loss of lead and aluminium in the Mousseline and Depoli Incolore grisailles, respectively. This phenomenon can be related to the interdiffusion and penetration of these elements into the glass substrate, to their volatilization during the firing process or to the experimental procedure.

Regarding the crystallographic characterisation, in the darker grisailles, iron compounds were identified in

Table 1. Compositional percentage from the selected Debitus grisailles according to the original formulation [8].

Components, raw materials		Grisailles studied, theoretical composition (%)				
Name	Formula	Noir Ordinaire	Brun XIII	Brun XVI	Mousseline	Depoli Incolore
Iron oxide	Fe ₃ O ₄	41.2	-	-	-	-
Tin oxide	SnO ₂	-	-	-	33.3	-
Fused agent	5SiO ₂ :4PbO	58.8	-	-	66.7	100
Grisaille Noir Ordinaire	7Fe ₃ O ₄ :10(5SiO ₂ :4PbO)	-	37	30.3	-	-
Grisaille Rouge no. 2	1Fe ₂ O ₃ :2(5SiO ₂ :4PbO)	-	37	-	-	-
Grisaille Rouge no. 4	1(2Fe ₂ O ₃ :ZnO):2(5SiO ₂ :4PbO)	-	-	9.1	-	-
Grisaille Brun Clair	7(2Fe ₂ O ₃ :ZnO):10(5SiO ₂ :4PbO)	-	25.9	60.6	-	-

Table 2. Compositional (wt. %) and crystallographic phases from the select Debitus grisailles, before and after the firing process, obtained by μ -PIXE and XRD analysis.

		Chemical composition analysed by PIXE (wt. %)								Crystallographic phases
	Firing process	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SnO ₂	PbO	Others	
Noir Ordinaire	Before	0.92	18.3	6.3	21.5	0.02	-	52.4	0.66	Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄) Jacobsite (MnFe ₂ O ₄)
	After	0.73	22.9	5.2	18.7	0.02	-	52.6	0.75	Kentrolite (Pb ₂ Mn ₂ O ₂ (Si ₂ O ₇)) Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄)
Brun XIII	Before	0.35	15.4	2.4	26.7	4.6	-	50.2	0.32	Franklinite (ZnFe ₂ O ₄) Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄)
	After	0.27	18.7	1.8	22.2	4.3	-	52.3	0.41	Kentrolite (Pb ₂ Mn ₂ O ₂ (Si ₂ O ₇)) Franklinite (ZnFe ₂ O ₄) Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄)
Brun XVI	Before	0.41	17.7	2.3	22.7	6.5	-	49.8	0.56	Franklinite (ZnFe ₂ O ₄) Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄)
	After	0.38	20.6	1.90	20.1	6.3	-	50	0.64	Kentrolite (Pb ₂ Mn ₂ O ₂ (Si ₂ O ₇)) Franklinite (ZnFe ₂ O ₄) Hematite (Fe ₂ O ₃) Magnetite (Fe ₃ O ₄)
Mousseline	Before	-	11.8	-	-	-	44.6	43.5	0.1	Cassiterite (SnO ₂)
	After	-	5.8	-	-	-	71.5	22.5	0.16	Cassiterite (SnO ₂)
Depoli Incolore	Before	16.1	19.5	-	-	-	6.1	58.2	0.08	Cassiterite (SnO ₂)
	After	9.3	22.3	-	-	-	7.8	59.9	0.67	Cassiterite (SnO ₂)

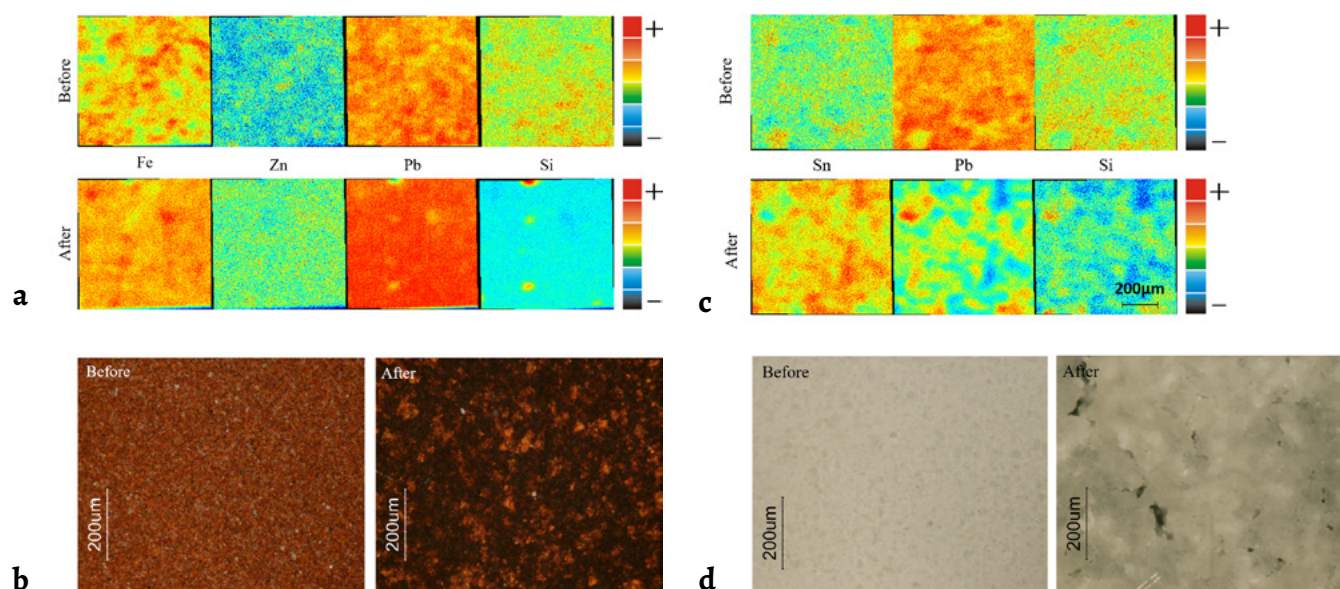


Figure 3. Mappings of elemental distribution obtained by μ -PIXE ($800 \mu\text{m} \times 800 \mu\text{m}$) in the grisailles Brun XIII (a) and Mousseline (c); and optical microscopy images, before and after firing, with cross polar light, in the grisailles Brun XIII (b) and Mousseline (d).

conjunction with manganese or zinc in the Noir Ordinaire, Brun XIII and Brun XVI. In addition, a new phase was detected in the Noir Ordinaire after firing, the Kentrolite, which was formed due to the decomposition of the Jacobsite (Table 2). Franklinite, hematite and magnetite were still present after firing. In the case of white grisailles, it was only identified the tin oxide, cassiterite, before and after firing. Crystalline SiO_2 and PbO were not identified in the diffractograms, because they were added in form of glassy material to favour their fusion at low temperature.

Morphological characterisation

OM and μ -PIXE mappings of elemental distribution were performed to morphologically characterise the grisaille powder before and after the firing process. In addition, cross-sections of the painted surfaces were analysed with OM and SEM-EDS.

The results were consistent between the darker grisailles and the white ones. For this reason, it was chosen one of each group as an example of the results obtained: Brun XIII and Mousseline.

Powder characterisation

The powder characterisation, represented in the Figure 3, shows a higher degree of homogeneity in the dark grisailles after the firing process (Figure 3a); however, the optical microscopy images showed the darkening of the painted layer and the appearing of aggregates, probably related to the fusion and combination of different components (glass and metal oxides) during the firing process.

The maps of elemental distribution from Mousseline grisaille (Figure 3b), also confirmed the increase of tin after the firing process by consequence of a decrease of lead and silica. These results are in accordance to the compositional characterisation.

Painted surface

The historical grisailles used to be heterogeneous because of the presence of large metallic inclusions, bubbles, etc. [3, 5, 11-15]; but the analysed Debitus grisailles samples are very homogeneous (Figure 4). It was also possible to observe a difference between the thickness from the darker grisailles, which varies from 30 to 70 μm (Figure 4a); and the white

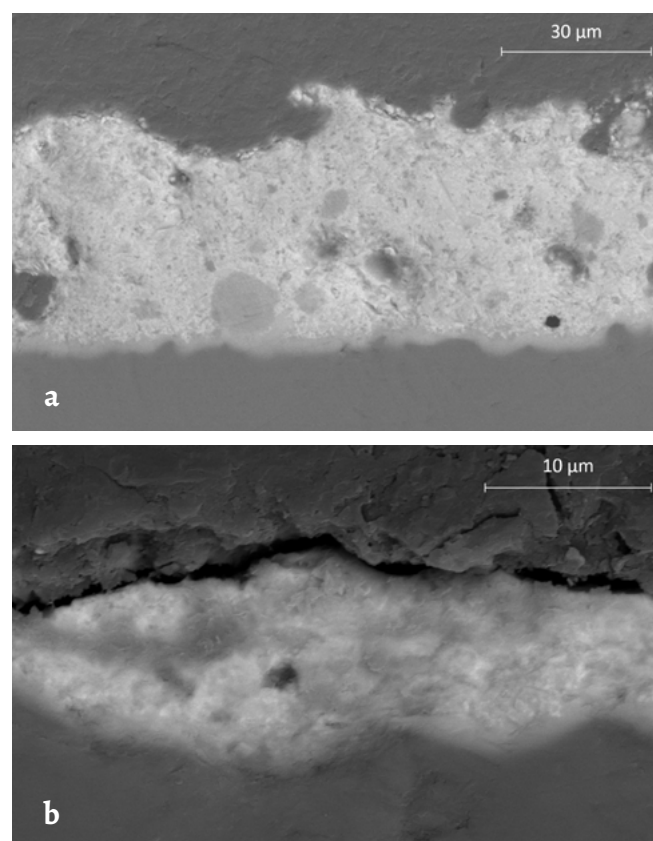


Figure 4. SEM-BSE images from the cross-section of the grisailles Brun XIII (a) and Mousseline (b).

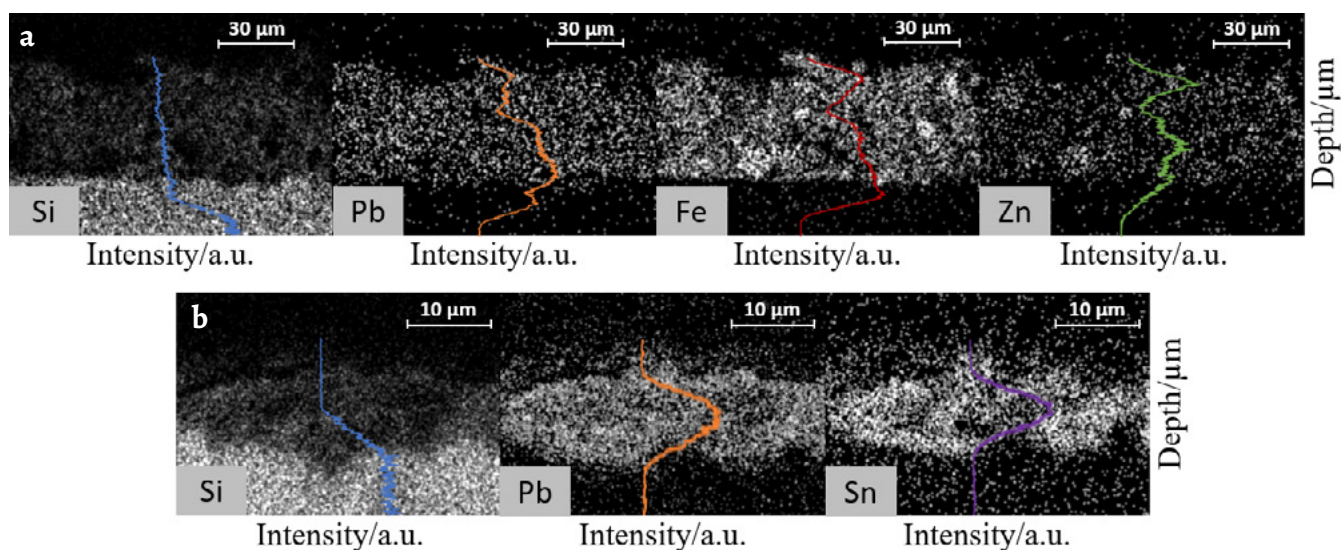


Figure 5. SEM-EDS elemental distribution of silicon, lead, iron, zinc and tin in the grisailles and representative elemental profiles of grisaille applied on glass substrates after firing Brun XIII (a) and Mousseline (b).

ones, with 10 to 25 μm (Figure 4b). A smooth interface between the glass and the grisailles is also shown in Figure 4, suggesting a good interdiffusion of the grisaille into the glass support, as well as a good adherence between the painted layer and the glass.

The cross-section profiles obtained by μ-PIXE also showed the grisaille penetration into the glass matrix, which varies between the darker ones and the white ones (Figure 5). The darker grisailles presented an interface around 20 μm (Figure 5a) due to the penetration of the lead on the glass support; but the interface in the white ones is around 5 μm (Figure 5b). The thin interface could be due to the low content of lead in the composition after the firing process (see Chemical and crystallographic characterisation section) that could be probably related with the volatilization of this element during the thermal treatment.

The distribution of the main elements in the cross-section of the representative grisailles as determined by SEM-EDS is also presented in Figure 5. The results confirmed the homogeneity of the dispersion of the metal grains in the base-glass matrix.

Thermographic characterisation

The IR-thermographic analyses were made in reflection mode on grisailles with different thickness (thicker, medium and thinner) painted on common window glass to understand their thermal behaviour [16-19]. The samples are showed in Figure 6.

The samples showed a substantial increase of the surface apparent temperature during the exposure to the hot air flux (Figure 7, Heating) and a progressive cooling when the hot air flux was switch off (Figure 7, Cooling). It was possible to observe that the increase of the surface apparent temperature was similar in the grisailles and the glass support, being the surface temperature of grisailles slightly higher. The specific heat of the lead glasses is lower than

in soda-lime silicate glasses [20-21], which means that, for the same energy, the surface paints increased more their temperature than the support glass. During the cooling, the grisailles preserved more the heat in comparison with the support glass due to the absorption of the radiation of the former ones (Figure 7).

The temperature variation between both materials was less than 2 °C in all the cases, which indicates a good thermal compatibility. Similar results were observed in previous studies [16, 19].

When the different thicknesses are compared, the thinner layers experienced the higher increases of temperature under the same heating conditions in comparison with the thicker layers. This result is contradictory to previous studies [18]; although, these variations are not very significant since the fluctuation was less than 1 °C and could be due to the experimental set-up.

The comparison of the different grisailles during the heating and cooling cycle is shown in the Figure 8. According to the literature, darker colours increase the surface apparent temperature more than the clear ones

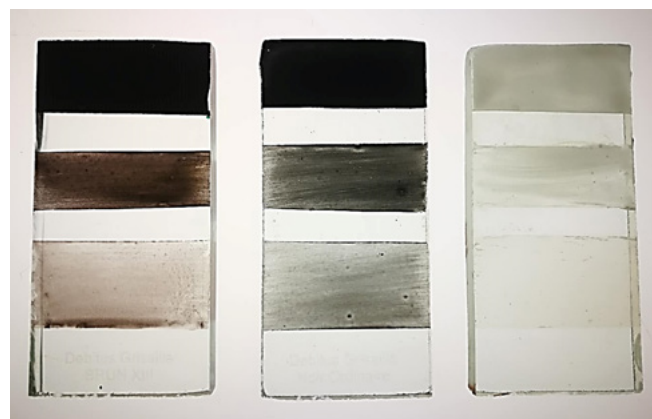


Figure 6. Painted glasses with the grisailles: Brun XIII, Noir Ordinaire and Depoli Incolore, with different thicknesses (thicker, medium, and thinner).

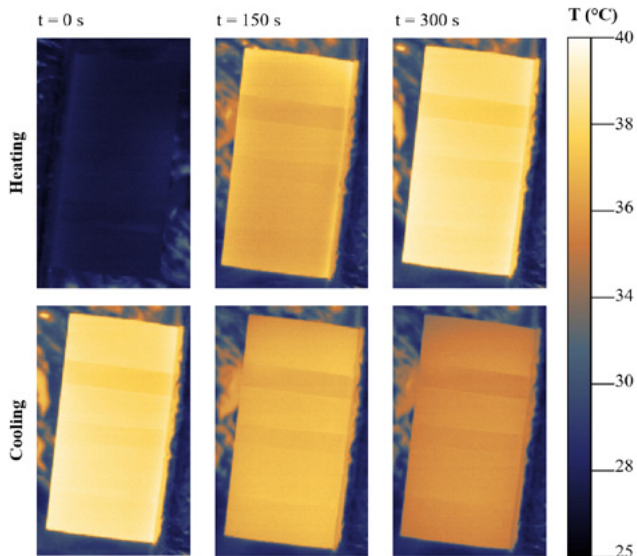


Figure 7. Surface apparent temperature map evolution in reflection mode obtained by IR-thermography from the grisaille Brun XIII.

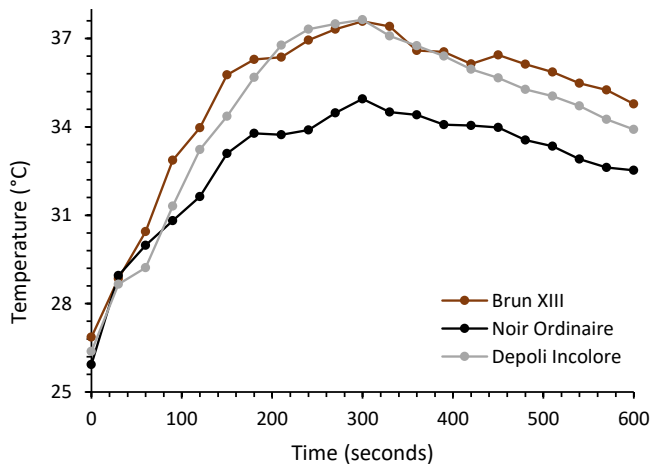


Figure 8. Comparison between the thermal variations of the different grisaille samples with the medium thickness.

under the thermal excitation of two halogen lamps due to the albedo phenomenon [18, 22]. In this experiment, the darker grisaille, Noir Ordinaire, exhibited the lowest temperature increase, and the brown and white grisailles, with higher gloss, presented a similar behaviour between them. This difference can be related with the experimental set-up, the reflection of the IR-radiation, and/or the chemical composition of the grisailles.

Conclusions

This study allowed a current and accurate chemical, morphological and thermal characterisation of these commercial materials used in conservation and restoration works. The identification of the composition from the different grisailles enabled the understanding of a well-balanced ratio between the different components of the

raw materials. The morphological characterisation of the cross-sections showed the homogeneity of these grisailles as well as the good interdiffusion between them and the glass support. Finally, the thermal analyses of these commercial grisailles, despite the small differences in the results, indicated a good thermal stability. All these characteristics are indicative of a good quality and durable material to be used in conservation and restoration works. However, in order to fully understand the stability and durability of these commercial grisailles, further studies need to be done to assess other related factors (vehicle agents, kind of kiln or firing process), together with the behaviour and the effect of ageing on these grisaille paints.

Acknowledgments

The authors wish to thank Paulina Faria and Vitor Silva (FCT-NOVA, Portugal) for all the help and time given with the IRT. This work has been funded by the Fundação do Ministério de Ciência e Tecnologia de Portugal (project ref. UID/EAT/00729/2019 and UID/Multi/04349/2013, doctoral grant ref. PD/BD/136673/2018) and Fundación General CSIC (ComFuturo Programme).

REFERENCES

- Machado, C.; Machado, A.; Palomar, T.; Vilarigues, M., 'Grisaille in historical written sources', *Journal of Glass Studies* **61** (2019), 71-86.
- Schalm, O., *Characterization of Paint Layers in Stained-glass Windows: Main Causes of the Degradation of Nineteenth Century Grisaille Paint Layers*, Universiteit Antwerpen, Antwerpen (2000).
- Pradell, T.; Molina, G.; Murcia, S.; Ibáñez, R.; Liu, C.; Molera, J.; Shortland, A., 'Materials, techniques and conservation of historic stained glass "grisailles"', *International Journal of Applied Glass Science* **7**(1) (2015) 41-58, <https://doi.org/10.1111/ijag.12125>.
- Machado, C., 'Estudo de produção de grisalhas históricas', Master dissertation, NOVA University of Lisbon – Faculty of Science and Technology, Lisbon (2016).
- Schalm, O.; Janssens, K.; Caen, J., 'Characterization of the main causes of deterioration of grisaille paint layers in 19th century stained-glass windows by J.-B. Capronnier', *Spectrochimica Acta - Part B: Atomic Spectroscopy* **58**(4) (2003) 589-607, [https://doi.org/10.1016/S0584-8547\(02\)00282-3](https://doi.org/10.1016/S0584-8547(02)00282-3).
- Caen, J., *The Production of Stained Glass in the Country of Flanders and Duchy of Brabant from the XVth to the XVIIIth Centuries: Materials and Techniques*, Brepols, Turnhout (2009).
- 'Décoration sur verre - Historique de la grisaille', in *Infovitrail*, <http://www.infovitrail.com/index.php/fr/histoire-de-la-grisaille> (accessed in 2018-9-1).
- Debitus, H., 'Recherche pour une formulation nouvelle de grisailles', *Science et Technologie de la Conservation et de la Restauration des Oeuvres d'Art et du Patrimoine* **2** (1991) 24-28.
- RRUFF database, <http://rruff.info> (accessed in 2018-8-30).
- Paints: Characteristics, <http://www.debitus.com/peintures-en.php> (accessed in 2018-08-30).
- Verità, M., 'Composition, structure et mécanisme de détérioration des grisailles', in *Grisaille, Jaune d'Argent*,

- Sanguine, Email et Peinture à Froid*, Commission Royale des Monuments, Sites et Fouilles de la Région Wallone, Liège (1996) 61-67.
12. Marschner, H., 'Analyses de pigments de grisaille sur des vitraux munichoïses de L'Église du Saint-Sauveur, Réalisés vers 1500', in *Grisaille, Jaune d'Argent, Sanguine, Email et Peinture à Froid*, Commission Royale des Monuments, Sites et Fouilles de la Région Wallone, Liège (1996) 53-59.
 13. Verità, M.; Nicola, C.; Sommariva, G., 'The stained glass windows of the Sainte Chapelle in Paris: Investigations on the origin of the loss of the painted work', in *Annales du 16e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Nottingham (2005) 347-351.
 14. Vilarigues, M.; Silva, R. C., 'Ion beam and Infrared analysis of medieval stained glass', *Applied Physics A: Materials Science and Processing* **79**(2) (2004) 373-378, <https://doi.org/10.1007/s00339-004-2538-9>.
 15. Carmona, N.; Villegas, M. A.; Fernández Navarro J. M., 'Study of glasses with grisailles from historic stained glass windows of the cathedral of León (Spain)', *Applied Surface Science* **252**(16) (2006) 5936-5945, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2005.08.023>.
 16. Candoré, J. C.; Bodnar, J. L.; Detalle, V.; Grossel, P., 'Non destructive testing in situ, of works of art by stimulated infrared thermography', *Journal of Physics: Conference Series* **214** (2010) 1-9, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/214/1/012068>.
 17. Elmahdy, A. H. and Devine, F., 'Laboratory infrared thermography technique for window surface temperature measurements', *ASHRAE Transactions* **111** (2014) 561-571.
 18. Palomar, T.; Machado, C.; Agua, F.; Gomez-Heras, M., 'Thermographic analysis of glasses, enamels and grisailles from stained glass windows', in *Proceedings of the 5th GLASSAC International Conference*, ed. I. Coutinho, T. Palomar, S. Coentro, A. Machado & M. Vilarigues, NOVA.FCT Editorial, Lisbon (2017) 94-96.
 19. Palomar, T.; Agua, F.; Gómez-Heras, M., 'Comparative assessment of stained-glass windows materials by infrared thermography', *International Journal of Applied Glass Science* **9**(4) (2018) 530-539, <https://doi.org/10.1111/ijag.12352>.
 20. Sharp, D. E.; Ginther, L. B., 'Effect of composition and temperature on the specific heat of glass', *Journal of the American Ceramic Society* **34**(9) (1951) 260-271, <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1951.tb09128.x>.
 21. Navarro, J., *El Vidrio*, 3rd edition, Editorial CSIC, Madrid (2003).
 22. Zúñiga López, I.; Crespo del Arco, E., *Meteorología y Climatología*, 2nd edition, Editorial UNED, Madrid (2010).

RECEIVED: 2018.12.9

REVISED: 2019.4.5

ACCEPTED: 2019.4.29

ONLINE: 2019.5.17



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>.

An Artist's Sketchbook: the former altarpiece of Goa Cathedral (India) attributed to the painter Garcia Fernandes – iconographic and stylistic influences and underdrawing study

O caderno de esboços de um artista: o antigo retábulo da Sé de Goa (India) atribuído ao pintor Garcia Fernandes – influências iconográficas, estilísticas e estudo do desenho subjacente

VANESSA ANTUNES^{1,2*}
VITOR SERRÃO¹
ANTÓNIO CANDEIAS^{3,4}
JOSÉ MIRÃO³
SARA VALADAS³
MARIA LUÍSA
CARVALHO²

1. ARTIS-Instituto História da Arte da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa (ARTIS-FLUL), Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa, Portugal.

2. LIBPhys-UNL, Laboratório de Instrumentação, Engenharia Biomédica e Física da Radiação, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516, Caparica, Portugal.

3. Laboratório HERCULES, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Largo Marquês de Marialva 8, 7000-676 Évora, Portugal.

4. Laboratório José de Figueiredo, Direcção-Geral do Património Cultural (LJF-DGPC), Rua das Janelas Verdes 37, 1249-018 Lisboa, Portugal.

* vanessahantunes@gmail.com

Abstract

Goa Cathedral former altarpiece, attributed to Garcia Fernandes and made around 1538, is one of the oldest western pictorial works in India. It is a work of great importance in the establishment of the conquest of Goa by the Portuguese but also for understanding the influence of Portuguese painting overseas. Goa Cathedral former altarpiece is revealed as a crucial study source of Garcia Fernandes' creative process. There is evidence in the vigorous underdrawing of these paintings, of the existence of different types of drawing, as well as abandoned iconographic themes, or formal alterations of compositions. The iconographic and stylistic study evidences north and south-European influences in the choice and representation of the themes around the *Martírio de Santa Catarina*. In the present study, this work is compared in the making of the underdrawing with other works attributed to Garcia Fernandes.

Resumo

O antigo altar-mor da Sé Catedral de Goa, atribuído a Garcia Fernandes e executado cerca de 1538, é uma das mais antigas obras pictóricas ocidentais na Índia. Trata-se de uma obra de sobeja importância na afirmação da conquista de Goa pelos Portugueses reflectindo inclusivamente a influência da pintura portuguesa além-mar. O antigo altar-mor da Sé Catedral de Goa revela-se como uma obra crucial para o estudo do processo criativo de Garcia Fernandes. Evidenciam-se no esboço subjacente vigoroso destas pinturas diferentes tipologias de desenho, temáticas iconográficas abandonadas, bem como alterações formais de composições. Já o estudo iconográfico e estilístico anuncia influências norte e sul-europeias na escolha e representação das temáticas escolhidas em torno do *Martírio de Santa Catarina*. No presente estudo, esta obra é cotejada na execução do desenho subjacente e comparado com outras obras atribuídas a Garcia Fernandes.

KEYWORDS

Garcia Fernandes
Portuguese painting
Goa Cathedral
Underdrawing
Infrared reflectography
Iconography

PALAVRAS-CHAVE

Garcia Fernandes
Pintura portuguesa
Sé de Goa
Desenho subjacente
Reflectografia de infravermelho
Iconografia

Introduction

Garcia Fernandes was active in Lisbon between 1514 and 1565. He was a pupil at the Royal Painting Workshop of Jorge Afonso (Lisbon), his father in law, who had him in high regard. He collaborated in the works of the Court of Relation, under the leadership of Francisco Henriques (1518-19), worked in Lamego and Ferreirim with Cristóvão de Figueiredo and Gregório Lopes (1533-34) and, among many other works, painted for India at c. 1538. Garcia Fernandes style is influenced by German and Flemish models. The art historian Luís Reis-Santos (1954) identified the paintings of the sacristy of the Sé of Goa as being painted by Garcia Fernandes, as result of a possible request of the King of Portugal. These paintings are very remarkable works of art and may be one of the oldest paintings of European origin that exist today in the entire Indian territory [1, 2, p. 136-139, 3, 4, p. 212-215].

The first altarpiece of Goa Cathedral was dedicated to St. Catherine of Alexandria, attributed to Garcia Fernandes and painted c. 1538. The altarpiece is nowadays in the sacristy of Goa Cathedral and is composed by seven remaining paintings under the following themes and current display: St. Catherine survival of death by a spiked wheel; The Empress's visit and conversion; St. Catherine imprisonment by the Emperor; St. Catherine represented as Princess of Alexandria; The Beheading of St. Catherine of Alexandria; The debate with pagan scholars; The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai (Figure 1). Due to changes in style and taste, the altarpiece made by Garcia Fernandes was replaced with a new one: in 1632 it was made the drawing and carving of the

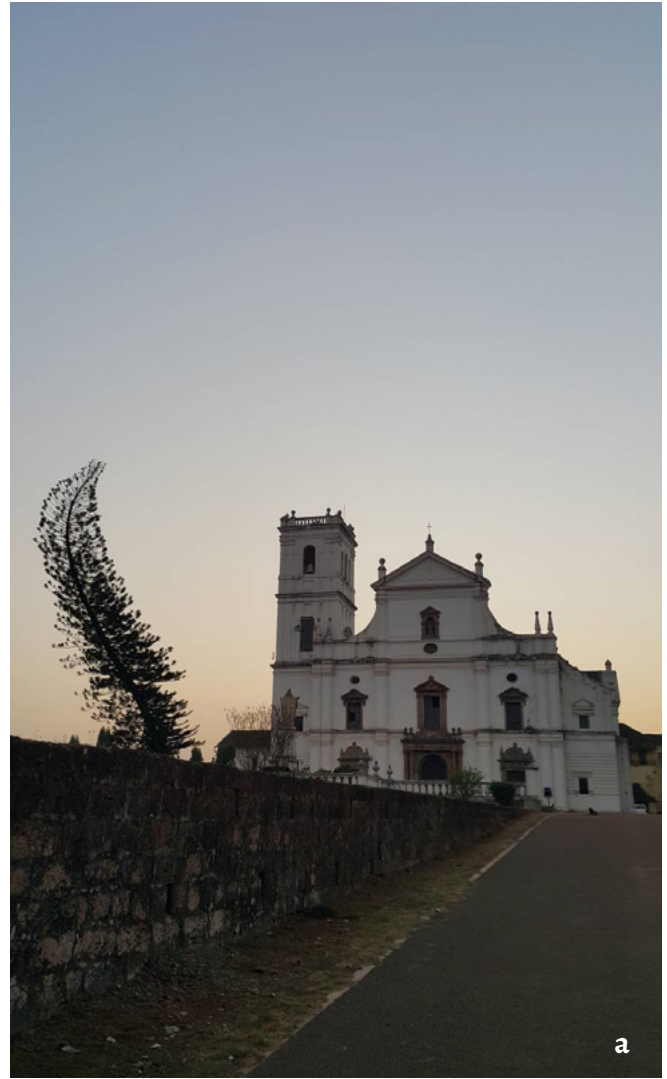


Figure 1. a) Goa Cathedral, dedicated to St Catherine of Alexandria. b) Former altarpiece, nowadays in the sacristy of Goa Cathedral, attributed to the painter Garcia Fernandes and painted c. 1538.

new gilded altarpiece which was finished in 1634. The new altarpiece of the main altar of the Goa Cathedral was made on the orders of the Viceroy Count of Linhares. This gilded altarpiece, had "feature" of the architect Julius Simonis and was executed in the workshop of the sculptor master Babuxa, followed the compositional models of the previous altarpiece, a proof of its importance in Goa. The altarpiece copies the paintings under the following themes: The debate with pagan scholars; St. Catherine survival of death by a spiked wheel; The Beheading of St. Catherine of Alexandria; The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai; St. Catherine represented as Princess of Alexandria.

Goa Cathedral former altarpiece is in urgent need of intervention [5]. Part of the underdrawing and painting are in process of disappearing due to the high level of ground layer losses and degradation and lack of adherence to the wooden support [5-6]. A plan for its conservation was prepared but the financing was still not possible. The detachment of the ground and painting layers from the support caused the flaking of the paintings. In order to cover the great extension of lacks former overpaintings were made. These overpaintings, visible by naked eye and under UV light, show a great thickness with very plastered materials, damaging the original painting. Main shape references of some paintings were completely lost, such as the face of St. Catherine represented as the Princess of Alexandria, in need of urgent conservation and restoration; current thermo hygrometric conditions and external biological contamination contribute also to the degradation of the paintings [5-6].

In this paper, Goa Cathedral former altarpiece underdrawing is studied and is compared to other works of Garcia Fernandes, such as the Triptych of Calvário from Vila Viçosa Palace, of c. 1536, the altarpiece of the Holy Trinity from Mosteiro da Santíssima Trindade (Museu Nacional de Arte Antiga (MNAA), 35, 38, 39, 43, 379, 676, 680, 705 Pint), of 1537, the painting *Saint Anthony Preaching to the Fishes* (MNAA, inv. 1768 Pint), c. 1535-1540 and the painting *Creation of Eve from Alfama* (Portugal). Partnership works were also compared, such as Ferreirim altarpiece, 1533-34, the painting *Death of the Virgin*, c. 1530-40 (Museu Nacional Grão Vasco (MNGV), inv. 2168), the polyptych of *S. Bartolomeu* from Bartolomeu Joanes chapel, dating from 1537, Lisboa Cathedral, a former predella, nowadays in Museu Nacional Machado de Castro (MNMC) (inv. 2536; P526), painted c. 1525-1550 and a collaborative work in the paintings *Adoration of the Magi* and *The birth of the Virgin*, attributed to Garcia Fernandes, 1520-1530, from António Trindade Collection.

The aim of this study is to highlight a Master's working process and point out possible collaborations and tendencies at the level of the style, iconography and underdrawing adopted by Garcia Fernandes.

This research will be deepened to other technical and material levels of the paintings [7]. At this stage, we used

direct observation of the works, combining iconographic sources and area examinations, namely Macro Photography, Infrared Photography (IRP) and Infrared Reflectography (IRR) [8]. These examinations allowed the study of the works through the analysis of the underdrawing, one of the phases resulting from the creative process, for the freedom of the artist to express itself "unseen" in a context marked by a certain rigidity of rules [9-11].

Methods used for the study of the underdrawing

Macro Photography (MP)

Details of the chromatic layers were captured with a mobile microscope 3 " LCD 8.5 Mega Pixels. Magnification is 20-500 x. The microscope has a Digital LCD with VGA, Micro SD card storage, and a Micro Capture Pro software. When performing MP the details focused were the areas where the underdrawing was visible by naked eye, in order to confirm IRR and IRP exams.

Infrared Reflectography (IRR) and Infrared Photography (IRP)

Examination by IR photography was obtained with a digital camera SONY DSC-F828, 7 Mega Pixels.

A high-resolution infrared reflectography camera (Osiris) with an InGaAs detector allowing a wavelength response from 900 to 1700 nm, was used to perform Infrared reflectography. Osiris is equipped with a 16 x 16 tile system which enables an image size of 4096 x 4096 pixels. The camera is incorporated with a long-pass filter Schott RG850. Infrared wavelength is transmitted blocking undesired shorter wavelength until 850 nm. Reflectograms recording respected a working distance (front of body camera to painting) of 125 cm, and focus (front of body camera to the lens) of 28 cm and a f/11 aperture. Reflectograms were performed for 60 x 60 cm² painting area. Diffuse illumination at 1000 lux was brought by reflectors with 2 x 1000 W Tungsten Halogen VC – 1000Q Quartz Light. The final image is composed of several reflectograms.

Infrared Reflectography (900 to 1700 nm) and Infrared Photography (800 nm) were used to detect carbon-based underdrawings by using different wavelengths. Both techniques were used in order to obtain a bigger quantity of information for comparison. These photos and reflectograms were captured on details of the paintings and, when needed, assembled in Photoshop CS5 with Photomerge tool. Adjusting levels and increase contrast were necessary in each reflectogram.

Results and discussion

Stylistic comparison between Garcia Fernandes paintings

Stylistic similarities and the use of analogous models

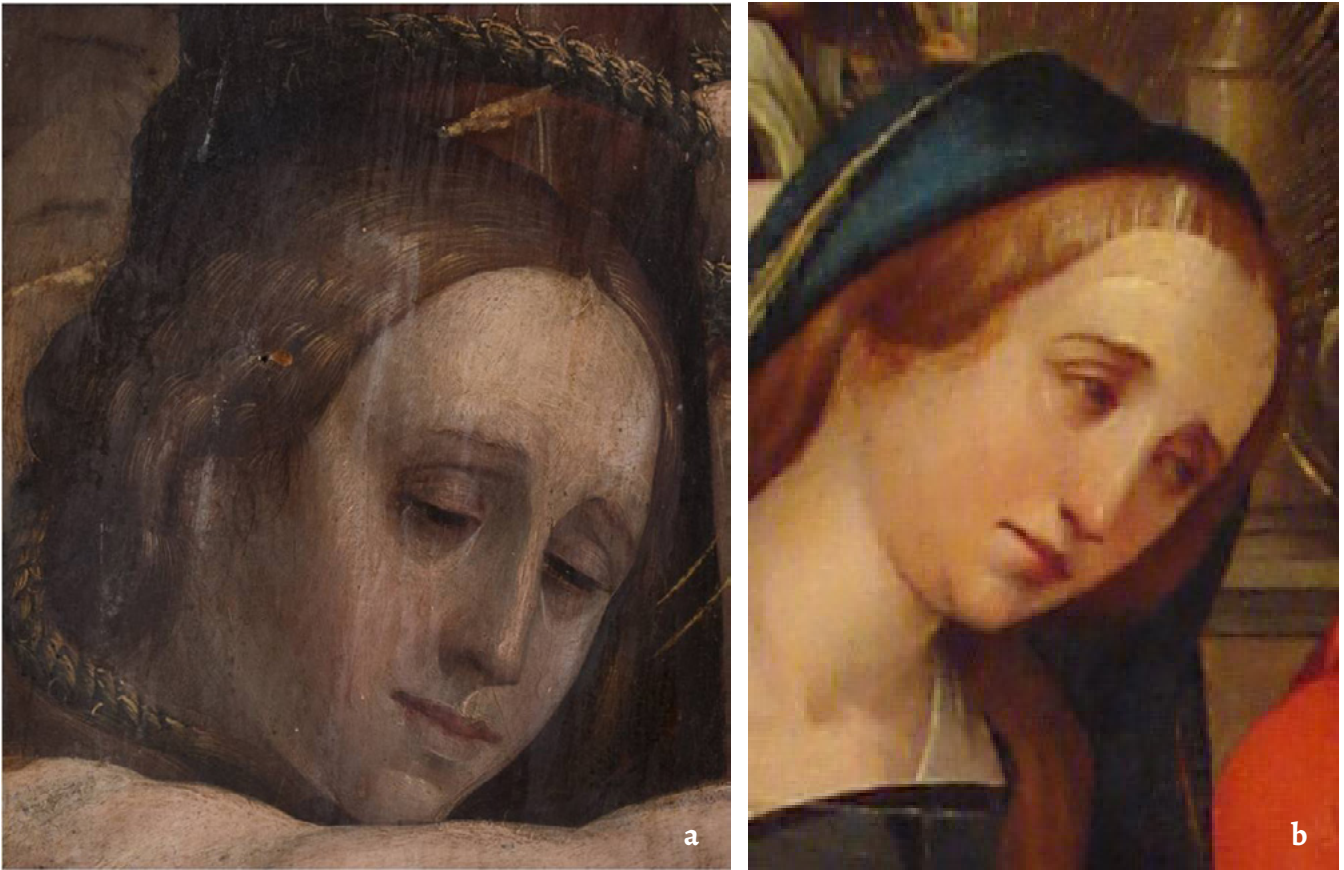


Figure 2. a) Detail of *St. Catherine imprisonment by the Emperor*, Goa Cathedral (Photo: Ian de Noronha, 2017). b) *Presentation of Jesus in the Temple*, Garcia Fernandes, 1538, MNAA, Lisbon, inverted image.

are found between the first altarpiece of Goa Cathedral attributed to Garcia Fernandes [6] and other works of the same painter in Portuguese territory [12-18]. It is the case of the Goan altarpiece, painting of *St. Catherine survival of death* by a spiked wheel with similar angels to the represented in *Ascension of Christ* from the altarpiece of the Holy Trinity painted by Garcia Fernandes in 1537 (MNAA), or the angel of the painting *Annunciation*, altarpiece of Bartolomeu Joanes, made by Garcia Fernandes in partnership with other painters, c. 1535-1540 (Lisbon Cathedral) [19-20]; the face of Saint John in the painting *Testimony of Saint John the Baptist with the priests and Levites of Jerusalem*, attributed to Garcia Fernandes, c. 1535-1540 (MNAA) when compared to the noble's face in the painting of *The Beheading of St. Catherine of Alexandria*, of Goa Cathedral; The Holy women and Saint Joseph's faces in the painting *Presentation of Jesus in the Temple*, made by Garcia Fernandes in 1538 (MNAA) under the same molds of the Saint's faces in the two paintings of Goan altarpiece, *St. Catherine imprisonment by the Emperor* and *The Beheading of St. Catherine of Alexandria* (Figure 2), or the detail of the crown helmet used in the Goan painting *The Empress's visit and conversion* used also in the painting *The birth of the Virgin*, attributed to Garcia Fernandes, c. 1520-1530 (António Trindade Collection). It is also possible to find similar formal composition between the painting *Elevation of the body of Santa Catarina*, attributed to Garcia

Fernandes, c. 1525-1550 (MNAA, Lisbon) and the painting under the same theme at Goa Cathedral and also to the same models used by his master, Jorge Afonso in Lisbon painting Workshop [12, 18, 21].

Iconographic and graphic influences

Iconographic and graphic influences by German, Flemish and Italian models are evident in Garcia Fernandes work. In the painting *St. Catherine survival of death by a spiked wheel* of Goa Cathedral it is possible to find influences of *The Beheading of Saint Catherine of Alexandria*, engraving made by Albrecht Dürer in 1498 [22], of the engraving made by Hans Schäufelein c. 1509-1510 under the same theme [23] showing similar hat in the male figure and inspired in the engraving's architectural background or of the engraving made by the netherlandish Master S, of c. 1500-1525, that displays a similar angel than those represented by Garcia Fernandes in the Goan painting [24].

Other engraving of *The Martyrdom of St Catherine*, made by the German Monogrammist IE, c. 1480-1500 [25], who was probably colleague or apprentice in Schongauer's workshop [26] displays a man figure to the left of the Emperor Maxentius standing in the same inverted position as the noble man in the painting of *The Beheading of Saint Catherine of Alexandria*, Goa Cathedral (Figure 3).

The most evident engraving relation to Goan former



Figure 3. a) and c) *The Beheading of St. Catherine of Alexandria* Goa Cathedral (Photo: Ian de Noronha, 2017). b) and d) Print made by monogrammist IE, 1480-1500 (The trustees of the British Museum).

altarpiece is the collection of *Vita S. Catharinæ, Virg. et Martyris, Catharina virgo Ægyptia, Alexandriae regio, genere nata, An. Christi circiter CCCVII*. This collection displays a series of sixteen Flemish plates with the life of St Catherine after Adriaen Collaert, probably engraved by Adriaen or Jan II Collaert and published by Carel Collaert between 1613 and 1654. This series has a dedication to the *Lectissimæ Virgini Catharinæ le Mire Soro* from the Flemish academic Aubert le Mire, which lived between 1573 and 1640 and wrote works

in the fields of history and ecclesiastic history [27]. Since in the biography of this ecclesiastic it is not evidenced a trip to Goa [28] that could put him in contact with Garcia Fernandes altarpiece, the most probable is that it may have existed a former series of engravings under the same themes and graphic composition, copied in the 17th century by the Collaert family. Similarities in the location and position of the figures are found between the Goan former altarpiece and the following engravings: *St Catherine disputing with fifty*



Figure 4. a) *The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai, Goa Cathedral.* b) *La Vita di Caterina Vergine and Martire*, made after Francesco Salviati and Giorgio Vasari, 1541 (The trustees of the British Museum). c) *The Burial of St Catherine* copied after Pompeo dell'Aquila, c. 1511-1571 (The trustees of the British Museum). d) *The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai*, print made by Jan Collaert II(?), published by Carel Collaert after Adriaen Collaert, 1613-1654 (The trustees of the British Museum).

philosophers (Plate 6) [29], *St Catherine being tortured* (Plate 8) [30], *The queen and Porphyrius converted by St Catherine* (Plate 9) [31], *The beheading of the queen and Porphyrius* (Plate 10) [32], *The Life of St. Catherine of Alexandria* (Plate 12) [33], *The beheading of St Catherine* (Plate 13), and *The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai* (Plate 14) [34]. In this last painting influence from other engravings can be found. It is the case of the engraving *La Vita di Caterina Vergine and Martire* [35], made after Francesco Salviati and Giorgio Vasari, in 1541, to the engraving of *Deposizione di Santa Caterina d'Alessandria nel sepolcro* [36], also Italian made after 1550, or to *The Burial of St Catherine* made after Pompeo dell'Aquila c. 1575, engraving made by Cornelis Cort and published by Lorenzo Vaccari [37]. This theme can also be found in a drawing copied after Pompeo dell'Aquila, c. 1511-1571 [38] or to a painting under the same theme made by Venetia school of the "Cinquecento" from the workshop of Jacopo and Domenico Robusti, known as Tintoretto [39], from the second half of the 16th century (Figure 4).

The central panel of the former altarpiece must have been *St Catherine as a Martyr* where similarities with Plate 1 [40] of the same Collaert series are evident. The saint is positioned at centre, holding her attributes, a book and a palm leaf, and a broken wheel stands behind her in a landscape, such as emperor Maxentius lying down at her feet. This engraving seem to be inspired also in former engravings of this saint made by Martin Schongauer c. 1469-1482 [41]. But this theme can also be compared to coeval Portuguese panel paintings such as the one in Museu Nacional do Azulejo, Madre de Deus Church, dated from the 16th century, to the Saint Catherine from the Monastery of Celas polyptych, made c. 1501-1525 by the Coimbra workshop painters Vicente Gil and Manuel Vicente, the *St Catherine of Vasco Fernandes* (MNAA deposited in MNGV), c. 1511-1515, or to the mural painting of Catarina de Alexandria signed by the painter Moraes in 1536 from the Church of Santo Isidoro, Marco de Canaveses. Goan former altarpiece can also be related to

the *Mystical Marriage of Santa Catarina*, Santa Clara, Santo António and a Holy Saint, of c. 1570-1595, of unknown author (inv. 11703, MNAA) or to its pair, the *Martyrdom of Saint Catherine of Alexandria* (inv. 10974, MNAA) where formal similarities to the Goan painting under the same theme can be found, in a probable similar engraving inspiration used in different epochs.

Based in the Saint's hagiography it is possible to deduce the paintings distribution of the former altarpiece of Goa Cathedral, also confirmed by the numbering of Collaert plates and the 17th century carved altarpiece nowadays in the main chapel.

Other works assigned to this painter also have Flemish-German influences. The painting *Creation of Eve*, attributed to Garcia Fernandes is inspired in the engraving of Wolgemut, as studied by Manuel Batoréo, but also in the engravings of book-illustrations such as the one made after Hans Holbein the Younger by Jan Swart van Groningen and published by Willem Vorsterman in 1528, Antwerp [42].

The Former Monastery of the Holy Trinity altarpiece is one of the most important altarpieces of Garcia Fernandes. The altarpiece is composed by 8 paintings, nowadays in MNAA. In the painting of *The Transfiguration* some resemblances with the engraving *Transfiguratio Domini nostri Iesu Christi*, book-illustration, made by Anonymous artist and engraved by Martin Bouillon, 1510-1519, are found [43]. The painting *Ascension of Christ* seems to have inspiration on an engraving of *The Last Judgement* made by Hans Baldung, 1505-1507 [44]. The painting of the Holy Trinity has inspiration on engravings made by Martin Schongauer such as *Christ enthroned*, 1478-1482 [45], or *The Assumption of the Virgin*, 1470-1480 [46].

Technical characterization of the underdrawing of Goan altarpiece

Due to the ageing of the painting layers and subsequent detachments it is possible to see in some parts of the paintings the underdrawing and the ground layer by naked eye (Figure 5).



Figure 5. a) Detachment of ground layer from the support causing the flaking of the painting, showing also overpaintings. b) Transparency of painting layers, being possible to see the underdrawings and the ground layer.

Infrared photography and reflectography allowed us to study in deep the underdrawing of Goa Cathedral former altarpiece. Distinct campaigns are revealed in all the seven panels in three stages. A first stage of geometric drawing (GD) characterized by the marking of the positioning of the figures and anatomical construction of the bodies and architecture with ruler and compass; a second stage of dry drawing (DD) made with charcoal to the outline of the figures or card transposition; a third stage of ink fluid carbon drawing (ID) characterized by variable width and intensity of the lines with a bigger density of the deposit drops at the end of each line, indicating the use of a fluid material [11, 47]. This drawing, with bold appearance, was used to the correction of the DD. An example of this drawing type can be seen in Figure 6. This last stage is the most important since it gives us additional information on the particular drawing characteristics of Garcia Fernandes. These characteristics are very important to define the painter's work and to compare it to other works attributed to the artist. One of Garcia Fernandes main characteristics is the marking of bones and muscles in the construction of the figures, as we can see as an example in the painting *St. Catherine imprisonment by the Emperor*. In this painting it is possible to observe some abandoned drawing notes such as the one in St. Catherine's back (Figure 6a) and also some repositioning of the figures, such as the soldier's leg that was abandoned (Figure 6b). Scale adjustments are also evident, as in the soldier's feet (Figure 6c); and DD and ID marked with precision and detail, as in the background of angels in the same painting. Marking of shadow areas with thicker parallel lines in ID are observable in all the paintings, being one of the most important individualizing characteristic of the painter, such as the example of the saint's body in *The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai*. Also in this painting are visible changes to initial drawing, like the repositioning of the head and eyes of the angels holding the saint's body (Figure 7), evidencing an autonomy of the artist concerning the initial thought of the drawing and its intentional deviation, being most probably the master itself to make it [47].

The change of a sketch has its most evident example in the painting of St. Catherine represented as Princess of Alexandria. In the background of this painting a complete theme was abandoned. The scene represents most probably Eve in the Paradise, since it was drawn the bust of a naked woman next to a tree with a serpent (Figure 8). The abandonment of another scene also happened in the painting *St. Catherine survival of death by a spiked wheel* with the representation of a male figure with a hat (Figure 8). Some figures are found painted without previous drawing, probably as a result of a direct execution during the painting stage. It is also possible to detect same molds in different scales and iconographic changes, such as the saint's crown that was drawn but not painted in the background of the painting *St. Catherine represented as Princess of Alexandria* (Figure 8).

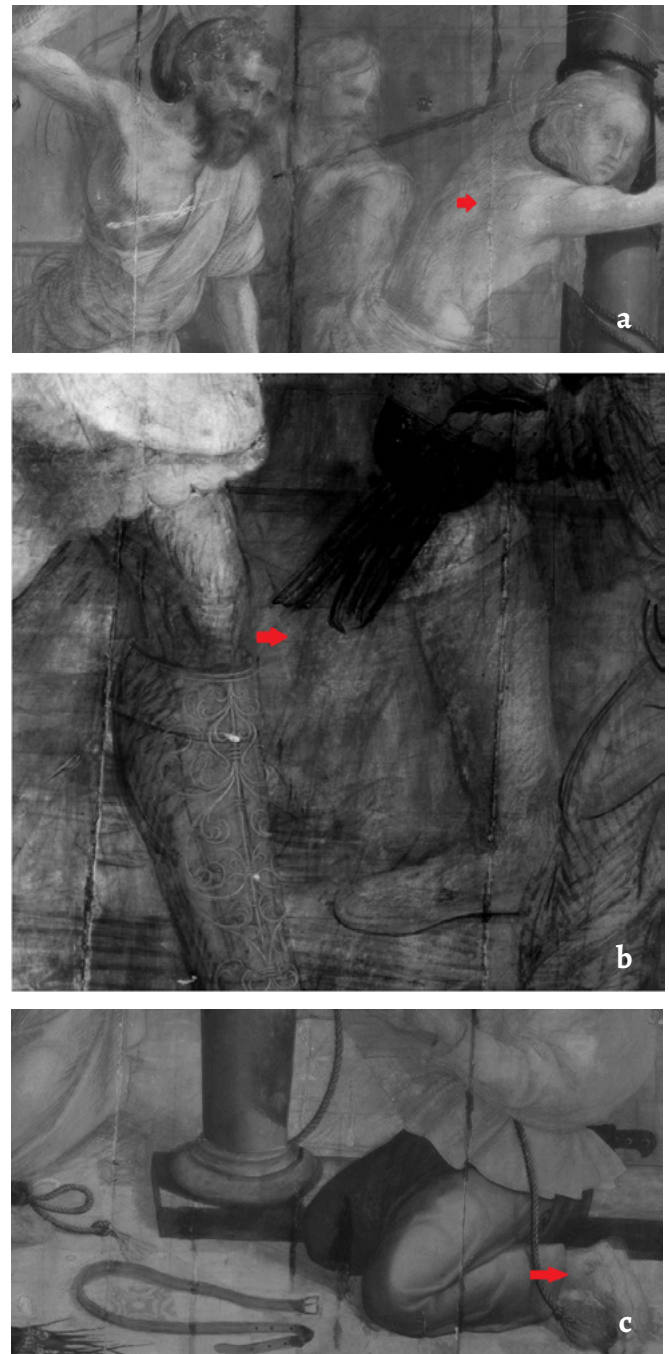


Figure 6. Infrared reflectographies details of *St Catherine imprisonment by the Emperor*, Goa Cathedral, showing with red arrows: a) abandoned drawing notes in St. Catherine's back; b) abandoned drawing of soldier's right leg; c) scale adjustment in the soldier's feet.

Underdrawing comparison among Garcia Fernandes paintings

The characterization of the underdrawing of the Goan altarpiece allowed defining and comparing the drawing stages with other works of the painter Garcia Fernandes. The three stages of drawing found in Goa Cathedral former altarpiece are possible to be seen in the other studied paintings attributed to the artist, although collaborative works show a simpler drawing with small alterations to the original sketch and some color indications, typical of



Figure 7. Infrared reflectography detail of *The deposition of St Catherine by angels on Mount Sinai* where marking of shadow areas with thicker parallel lines in ink drawing and repositioning of the head and eyes of the angels are observable (red arrows).

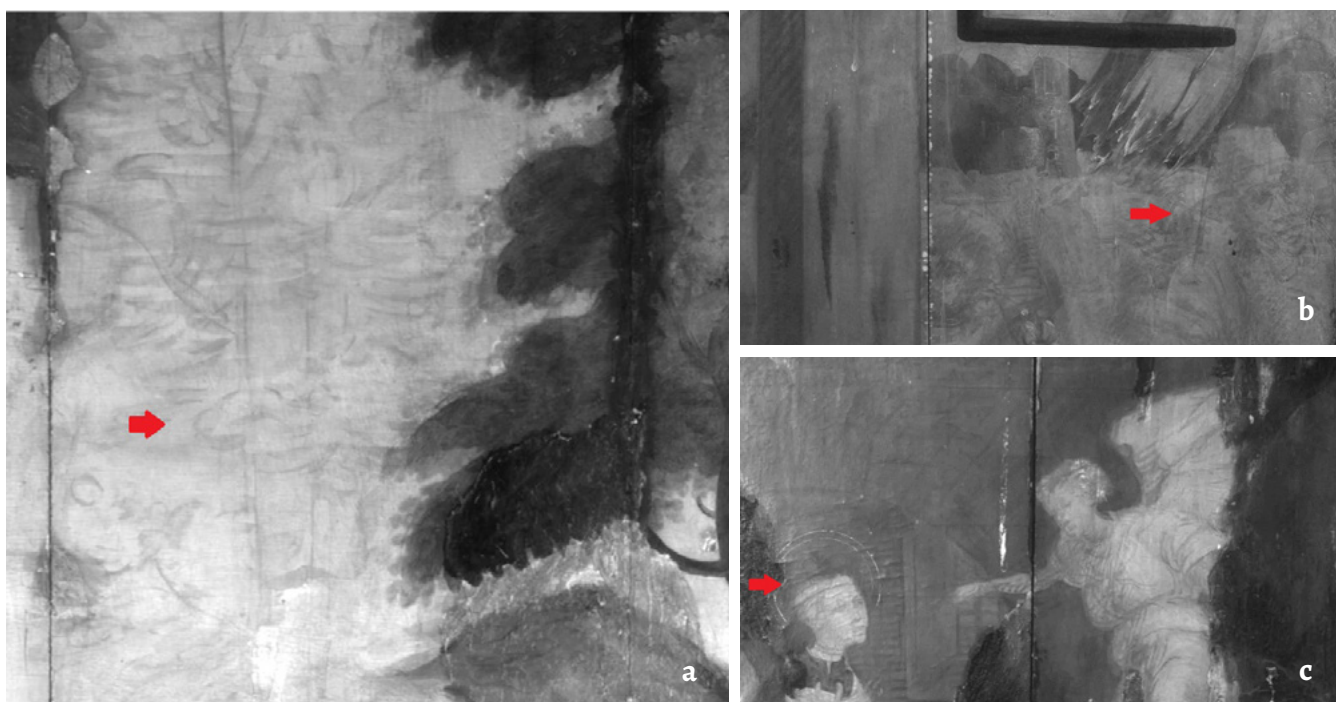


Figure 8. Infrared reflectographies details of: a) *St. Catherine represented as Princess of Alexandria*, having as an abandoned drawing in the background of this painting a scene representing most probably Eve in the Paradise with the snake in the tree (red arrow); b) abandoned drawing of a male figure with a hat represented in the painting *St. Catherine survival of death by a spiked wheel* (red arrow); c) iconographic changes of the saint's crown that was drawn but not painted in the background of the painting *St. Catherine represented as Princess of Alexandria* (red arrow).

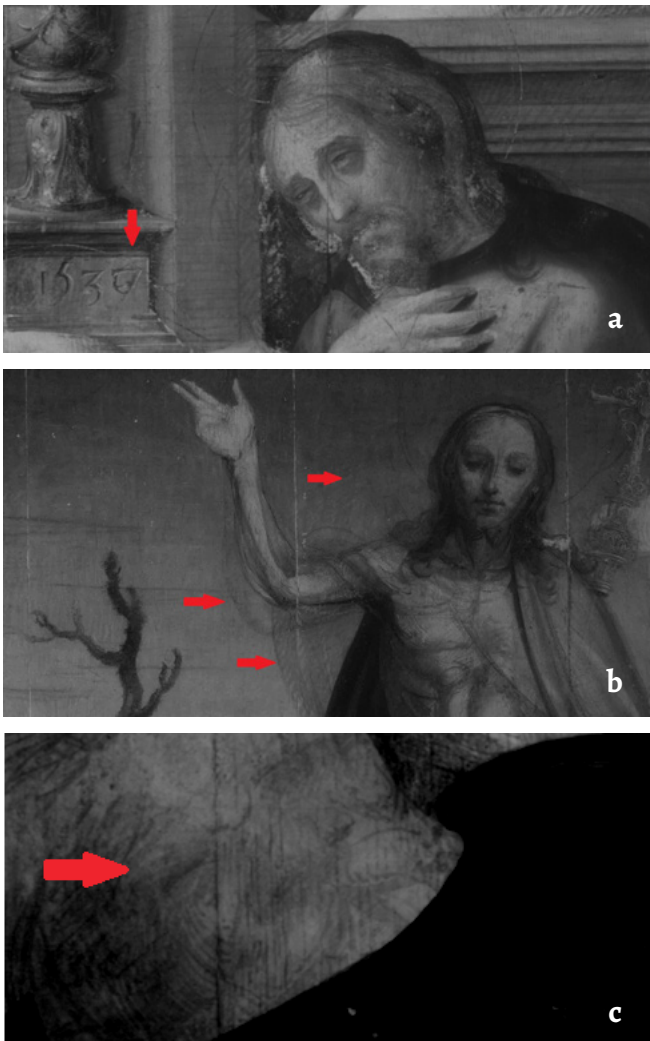
workshop production and collaborative work between artists or masters and apprentices [11, 17-18].

Marking of bones and muscles, transpositions of drawing with the help of a card and changes to the initial drawing are possible to find in the *Triptych of Piedade*, Vila Viçosa

Palace, attributed to Garcia Fernandes (Figure 9a). The use of the same models of angels in different paintings such as the Goan *St. Catherine survival of death by a spiked wheel* and *Nativity*, dating from 1537, attributed to Garcia Fernandes, MNAA. In this last painting it is also possible to see



Figure 9. Infrared reflectographies details of: a) marking of bones and muscles (red arrow), in the *Triptych of Piedade*, Vila Viçosa Palace; b) *Nativity*, MNAA, abandoned drawing, the dog (red arrow); c) *Saint Anthony Preaching to the Fishes*, MNAA, landscape changes to the initial drawing (red arrow). Credits of b) and c): Luís Piorro, documents produced under the ONFINARTS Project.



abandoned drawing such as the dog initially drawn in the landscape and discarded at the stage of the painting (Figure 9b). In the painting *Saint Anthony Preaching to the Fishes*, c. 1535 (MNAA), it is also possible to find architectural and landscape and faces changes to the initial drawing (Figure 9c). This painting displays similarities to the engraving *St Anthony of Padua*, surrounded by scenes from his life; of anonymous author, Paduan style, c. 1510-1520 [48]. In the painting *Creation of Eve*, it is also possible to find scale readjustments in Eve's figure and changes in the landscape background. The final date attribution to the *Monastery of the Holy Trinity* altarpiece (MNAA) is 1537, although in the reflectography of the Pentecost painting it is possible to observe that the date of 1536 was firstly drawn, and probably changed for working delays or commission demanding (Figure 10a). This painting displays the first GD, showing also changes in the eyes of the apostle to the right, finding the shadow areas with thicker parallel lines in ID and rescaling of the heads. In the painting *Resurrection of Christ* of the same altarpiece the reposition of Christ's head and abandoned drawing found the mantle, that firstly covered both shoulders, following its inspirational engravings, such as the unidentified publication of a book-illustration

Figure 10. Infrared reflectographies details of: a) *Monastery of the Holy Trinity* altarpiece (MNAA), the date 1536 behind 1537 (red arrow); b) *Resurrection of Christ* of the same altarpiece, with the reposition of Christ's head and arm, and abandoned drawing (red arrows); c) the same painting showing the arm of the left soldier (red arrow). Photo credits: Luís Piorro, documents produced under the ONFINARTS Project.



Figure 11. a) Death of the Virgin, detail, a partnership of Ferreirim Masters (MNGV, Arterestauro, 2006); b) infrared reflectography detail of the same painting, written “Amarilo” and “azul” (red arrows) (credits: Luís Piorro, documents produced under the ONFINARTS Project); c) painting of the same saint fabrics in yellow and blue colors print of woodcut of *The Death of the Virgin*, of anonymous German artist, circa 1450-1500 (The trustees of the British Museum).

made by Hans Wechtlin in 1508 [49], idea abandoned at the stage of the painting (Figure 10b). It is also possible to find the previous geometric drawing marks of positioning, the drawing of bones and muscles, the redrawing of some elements in the figures, such as the feathers in the soldier's hat, changes in the landscape and architectonic background and foreground or in the arm of the left soldier firstly thought as an armor with a brutisque figure (Figure 10c).

Underdrawing of collaborative works

The same models and repositioning of faces are specifically noticeable in the painting *Lamentation* from the Altarpiece of S. Bartolomeu, at Lisbon Cathedral. Although this altarpiece is considered as a collaborative work with other painters, this *Lamentation* underdrawing can be attributed to Garcia Fernandes. In the *Adoration of the Magi and Birth of the Virgin*, attributed to Garcia Fernandes, 1520-1530, from António Trindade Collection, where similarities with an engraving under the same theme, made by Hans Wechtlin in 1508 are found [50], it is possible to see indications of colors in the fabrics such as “Garaz” in the first painting, probable meaning for madder, and in the second painting “Amarello, Verde, Vermelho(?)”, most probably Yellow, Green, Red(?). These indications of color are typical of collaborative work, such as in the painting *Death of the Virgin*, a partnership of the Masters of Lisbon workshop, also called Ferreirim Masters, Cristóvão de Figueiredo, Gregório Lopes and Garcia Fernandes, where besides the “bco” (white), are also written “amarilo” and “azul” (yellow and blue) in the fabrics of one of the apostles, colors that were not used in the final painting, contrary to former engravings under the same theme that painted the saint fabrics in yellow and blue colors, such as the An example of the woodcut of *The Death of the Virgin*, of anonymous German artist, c. 1450-1500 (Figure 11) [51]. In this painting it is also possible to identify some changes in the position and form of the objects placed over the table, such as the knife, that was repositioned or the changes in the vase. In the case of the works attributed to Gregório Lopes it is even possible to find the total covering by the artist of painted figures, as it happens with the painting *Pentecost* (MNA, cat 27) where an entire figure of an apostle was covered by architectural background, since it was diminishing the Virgin's importance, being initially placed in front of her.

The first work attributed to the Masters of Ferreirim was the altarpiece of the Church of the Convent of Santo António de Ferreirim. Reflectograms allow us to see a simpler and fainter drawing with the careful delineation of outlines, some appearing to be made by card contour and the slight marking of shadow areas, bones and muscles (Figure 12). Faint drawing can be the result of a material (e.g. ferrogalic ink) used for the execution of the drawing that makes it invisible or barely visible when analyzed through IRR [7].

A concise drawing is also found in other apostle heads belonging to a former predella, nowadays in MNMC (inv. 2536; P526), painted c. 1525-1550 [52].



Figure 12. Infrared reflectography detail of altarpiece of the Church of the Convent of Santo António de Ferreirim, Masters of Ferreirim showing the outlines (red arrow). Photo credits: Luís Piorro, documents produced under the ONFINARTS Project.

Conclusions

What does this mean in terms of the collaborative process? The simpler methods of collaborative works adopted contribute to individualize the stylistic characteristics of the drawing of the Masters considering their own individual works. An adaptation to a simpler organization at the technical level of these masters is observable when working together. All the paintings in Ferreirim altarpiece have similar characteristics at the drawing level. Although, in Bartolomeu Joanes altarpiece the underdrawing is variable in quantity and quality between the different paintings, and inside each painting. On the other hand, it is equally important to realize how Gregório Lopes and Cristóvão de Figueiredo worked individually. This will bring a deeper understanding on the hierarchy of collaboration between these three painters. On the other hand, if they always had an adaptation in collaborative works, how did they organize teamwork? Could one perceive in the case of Garcia Fernandes particular influence of its technical and creative process?

In underdrawing of collaborative works, such as the Panel of St. Bartolomeu of the altarpiece of Bartolomeu Joanes of Lisbon Cathedral, we find a concise drawing when compared to the altarpiece of the Holy Trinity, the Triptych of Piedade of Vila Viçosa Palace, or to the Goa Cathedral former altarpiece, which are most probably a result of individual contracts of the painter and, as such, a free drawing sketchbook by Garcia Fernandes (Figure 13).

Iconographic and stylistic study on Goa Cathedral former altarpiece show south and northern-European influences of former engravings that also inspired the Collaerts, family of antuerpian engravers.

Underdrawing study of Garcia Fernandes Goan altarpiece was defined by the use of a first stage of geometric drawing, a second stage of dry drawing and a third stage of ink fluid carbon drawing, reinforcing the previous stages and defining shadow areas. Two of the main characteristics of Garcia Fernandes drawing are the marking of the shadow areas in thicker parallel lines by liquid medium and the marking of bones and muscles in the construction of the figures. Other characteristics are found in the artist's paintings: geometric drawing of backgrounds and anatomical construction marking, precision and detailed dry drawing, precision and detailed liquid drawing, the use of the same models in different contracts, the use of same mold in different paintings, drawing notes, scale readjustments, abandoned themes, figures and backgrounds, iconographic alterations and painting without previous drawing show an creative autonomy of this artist concerning individual works.

Collaborative works evidence a synthetic and more rigid drawing, using color indications, the use of transposition techniques of the drawing and less quantity of redrawing and rescaling of the figures. These and other information on the painting techniques of each artist may clarify the doubts regarding the organization of the work in collaborative

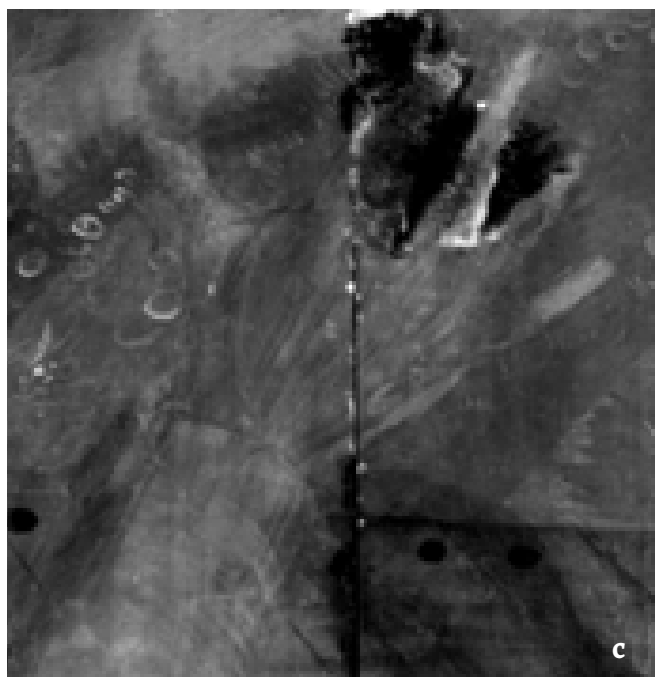
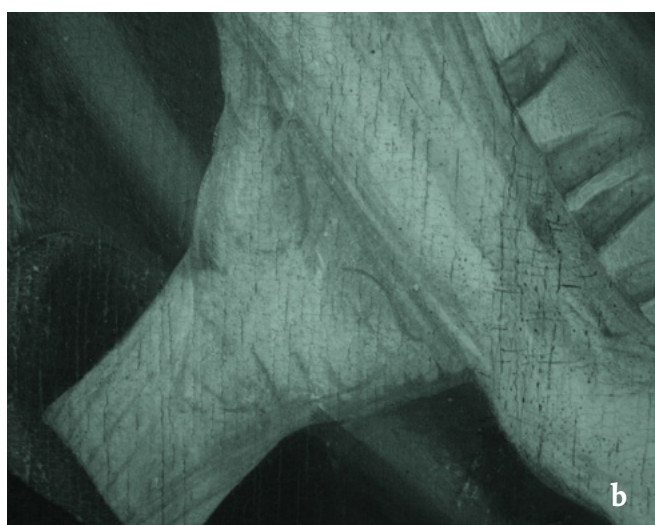


Figure 13. Infrared reflectographies details of: a) panel of *St. Bartolomeu* of the altarpiece of Bartolomeu Joanes of Lisbon Cathedral with a concise drawing of a hand (credits: Frederico Henriques, Arterestaurto, Lda.); b) Triptych of the *Piedade* of Vila Viçosa Palace; c) Goa Cathedral former altarpiece. In b) and c) the drawing of bones and muscles in a hand are evidenced.

process. Future scientific investigations can further add relevant information to answer remaining questions.

Through the study of Goa Cathedral former altarpiece it was possible to define the work of Garcia Fernandes as a master of drawing, showing the vitality of a continuous state of creation achieved by the artist by drawing its panels as a sketchbook to be painted.

Acknowledgments

The authors acknowledge to Most Rev. Filipe Neri Ferrão, Archbishop of Goa and Daman, to Fr. Joaquim Loiola Pereira and to Fr. Alfred Vas for allowing this study. Also we wish to acknowledge to Fundação Calouste Gulbenkian for financial support through the project “De artibus in auream Goa” and Fundação para a Ciência e Tecnologia for financial support (Post-doc grant SFRH/BPD/103315/2014) through program QREN-POPH-typology 4.1., co-participated by the Social European Fund (FSE) and MCTES National Fund. Also acknowledge Natasha Fernandes and Museum of Christian art (MOCA), Mónica Reis and José Pestana, for the assistance in the project. This work was supported by the research center grant no. UID/FIS/04559/2013 to LIBPhys-UNL, from the FCT/MCTES/PIDDAC and research center grant no. UID/Multi/04449/2013 to Hercules Laboratory. Also acknowledge to Project ONfinearts, LJE, MNAA, MNSR, MNMC, MNGV, Palácio de Vila Viçosa and Mosteiro de Ferreirim. We wish to acknowledge also to Arterestaurto, Lda., Luís Piorro, Virgínia Gomes and Frederico Henriques.

REFERENCES

1. Serrão, V., 'Pintura e devoção em Goa no tempo dos Filipes: o mosteiro de Santa Mónica no “Monte Santo” (c. 1606 -1639) e os seus artistas'. *Oriente* **20** (2011) 11-50.
2. Baptista Pereira, F. A., 'A pintura num período de transição', in *História da Arte em Portugal – O Renascimento*, ed. D. Markl, Alfa, Lisboa (1986) 83-155.
3. Reis Santos, L., *Garcia Fernandes, Artis*: Lisboa (1957).
4. Caetano, J. O.; Garcia Fernandes, in *Francisco Henriques: um pintor em Évora no tempo de D. Manuel I*, ed. A. C. Gouveia, F. A. B. Pereira, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimientos Portugueses (1997) 212-215.
5. Antunes, V.; Candeias, A.; Mirão, J.; Carvalho, M. L.; Serrão, V.; Dias, C. B.; Manhita, A.; Reis, M. E.; Manso, M., 'Preserving European paintings in Asian environment. The case of Goa Cathedral former altarpiece', *Structural Integrity Procedia* **5** (2017) 1078-1085, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.07.081>.
6. Antunes, V.; Candeias, A.; Mirão, J.; Carvalho, M. L.; Serrão, V.; Dias, C. B.; Manhita, A.; Cardoso, A.; Manso, M., 'On the origin of Goa Cathedral former altarpiece: Material and technical assessment to the work of Garcia Fernandes, Portuguese painter from 16th century Lisbon workshop', *Microchemical Journal* **138** (2018) 226-237, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.01.018>.
7. Valadas, S.; Freire, R.; Cardoso, A.; Mirão, J.; Vandenabeele, P.; Caetano, J. O.; Candeias, A. 'New insight on the underdrawing of 16th Flemish-Portuguese easel paintings by combined surface analysis and microanalytical techniques', *Micron* **85** (2016) 15-25, <https://doi.org/10.1016/j.micron.2016.03.004>.

8. Van Asperen De Boer, J. R. J., 'Infrared Reflectography: a Method for the Examination of Paintings', *Applied Optics* 7(9) (1968) 1711-1714. <http://doi.org/10.1364/ao.7.001711>.
9. Musées Royaux Des Beaux-Arts De Belgique, *The Flemish primitives: catalogue of early Netherlandish painting in the Royal Museums of Fine Arts of Belgium*, Brepols (2009).
10. Billinge, R.; Campbell, L.; Dunkerton, J.; Foister, S.; Kirby, J.; Pilc, J.; Roy, A.; Spring, M.; White, R., 'Methods and Materials of Northern European Painting in the National Gallery, 1400–1550', *National Gallery Technical Bulletin* 18 (1997) 6-55.
11. National, G.; Campbell, L., *The Fifteenth Century Netherlandish Schools*, National Gallery Publications, London (1998).
12. Caetano, J. O., 'Garcia Fernandes. Uma exposição à procura de um pintor', in *Garcia Fernandes – um pintor do renascimento. Eleitor de Misericórdia de Lisboa*, ed. J. O. Caetano, Santa Casa da Misericórdia, Museu de São Roque, Lisboa (1998) 11-77.
13. Carvalho, J. A. S., 'Oficinas de Lisboa. Garcia Fernandes', in *Cores, figura e luz. Pintura portuguesa do século XVI na coleção do Museu Nacional de Soares dos Reis*, ed., Museu Nacional de Soares dos Reis, Porto (2004) 28-35.
14. Reis-Santos, L., 'Base para a identificação do pintor quinhentista Garcia Fernandes', *Diário de Notícias August* 18 (1955).
15. Reis-Santos, L., *Estudos de pintura antiga*, ed. Reis-Santos, Lisboa (1943).
16. Serrão, V., 'Garcia Fernandes', in *No tempo das Feitorias – A Arte Portuguesa na Época dos Descobrimentos II* (1992) 142-148.
17. Caetano, J. O., 'Mestres luso-flamengos em Évora – A pintura e o desenho', in *Primitivos portugueses, 1450-1550: o século de Nuno Gonçalves*, ed. J. A. S. Carvalho, Museu Nacional de Arte Antiga & Athena, Lisboa (2010) 276-293.
18. Caetano, J. O., 'Lisboa, a grande oficina', in *Primitivos portugueses, 1450-1550: o século de Nuno Gonçalves*, ed. J. A. S. Carvalho, Museu Nacional de Arte Antiga & Athena, Lisboa (2010) 200-227.
19. Batoréo, M.; Serrão, V., 'O Retábulo de São Bartolomeu da Sé de Lisboa. Garcia Fernandes numa obra de Parceria', in *Garcia Fernandes- um pintor do renascimento. Eleitor de Misericórdia de Lisboa*, ed. J. O. Caetano, Santa Casa da Misericórdia, Museu de São Roque, Lisboa (1998) 87-103.
20. Caetano, J. O., *O Retábulo de São Bartolomeu da Sé de Lisboa. Garcia Fernandes numa obra de Parceria*. Santa Casa da Misericórdia, Museu de São Roque, Lisboa (1998).
21. Caetano, J. O., 'Jorge Afonso, uma interrogação essencial na pintura primitiva portuguesa', PhD dissertation, Universidade de Évora, Évora (2013).
22. *The Beheading of Saint Catherine of Alexandria*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00554/AN00554348_001_l.jpg (accessed 2018-07-21).
23. *The Beheading of Saint Catherine of Alexandria*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00059/AN00059259_001_l.jpg (accessed 2018-07-21).
24. *The Beheading of Saint Catherine of Alexandria*, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00071/AN00071525_001_l.jpg (accessed 2018-07-21).
25. *The Martyrdom of St Catherine*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN01250/AN01250943_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
26. 'Monogrammist IE', in The Trustees of the British Museum, https://www.britishmuseum.org/research/search_the_collection_database/term_details.aspx?bioId=47650 (accessed 2018-2-2).
27. 'Aubert le Mire', in The Trustees of the British Museum, https://www.britishmuseum.org/research/search_the_collection_database/term_details.aspx?bioId=23058 (accessed 2018-2-3).
28. Aikin, J.; Enfield, W.; Morgan, T.; Johnston, W., *General Biography: Or, Lives, Critical and Historical, of the Most Eminent Persons of All Ages, Countries, Conditions, and Professions, Arranged According to Alphabetical Order*. G. G. and J. Robinson (1808).
29. *St Catherine Disputing with Fifty Philosophers*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459900_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
30. *St Catherine Being Tortured*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459902_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
31. *The Queen and Porphyrius Converted by St Catherine*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459910_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
32. *The Beheading of the Queen and Porphyrius*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459909_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
33. *The Life of St. Catherine of Alexandria*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459907_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
34. *The Deposition of St Catherine by Angels on Mount Sinai*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459986_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
35. *La Vita Di Caterina Vergine and Martire*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00453/AN00453134_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
36. *Deposizione Di Santa Caterina D'alessandria Nel Sepolcro*, <http://www.lombardiabeniculturali.it/stampe/schede/Co110-00337/> (accessed 2018-07-23).
37. *The Burial of St Catherine*, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00430/AN00430257_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
38. *The Burial of St Catherine*, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00225/AN00225937_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
39. *The Burial of St Catherine*, <https://www.antichitacastelbarco.it/it/prodotto/scuola-veneziana--500---bottega-di-jacopo-tintoretto-> (accessed 2018-07-23).
40. *St Catherine as a Martyr*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00459/AN00459892_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
41. *St Catherine as a Martyr*, https://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00046/AN00046743_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
42. *Creation of Eve*, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00068/AN00068238_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
43. *Transfiguratio Domini Nostri Iesu Christi*, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00906/AN00906498_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).

44. The Last Judgement, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00073/AN00073189_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
45. Christ Enthroned, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00544/AN00544838_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
46. The Assumption of the Virgin, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00045/AN00045867_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
47. Metzger, C.; Berrie, B., 'Gerard David's St. Anne Altarpiece: Evidence for Workshop Participation', in *Historical Painting Techniques, Materials, and Studio Practice: Preprints of a Symposium*, ed. A. Wallert, E. Hermens, M. Peek, Getty Conservation Institute, USA (1995) 127-134.
48. St Anthony of Padua Surrounded by Scenes from His Life, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00037/AN00037749_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
49. Resurrection of Christ, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00565/AN00565071_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
50. Birth of the Virgin, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00565/AN00565058_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
51. The Death of the Virgin, http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00042/AN00042867_001_l.jpg (accessed 2018-07-23).
52. Antunes, V., 'Técnicas e materiais de preparação na pintura portuguesa dos séculos XV e XVI', PhD dissertation, Universidade de Lisboa, Lisboa (2014).

RECEIVED: 2018.12.9

REVISED: 2019.6.19

ACCEPTED: 2019.6.27

ONLINE: 2020.7.31



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>.

Conservação de medalhas contemporâneas: soluções de acondicionamento

Conservation of contemporary medals: packaging solutions

ANA SOFIA NEVES^{1*}
ANA BAILÃO^{1,2}
FREDERICO
HENRIQUES^{1,2,3}
ANDREIA FERREIRA¹

1. Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes, Centro de Investigação e de Estudos em Belas-Artes (CIEBA), Largo da Academia Nacional de Belas-Artes, 1249-058 Lisboa, Portugal.

2. Universidade Católica Portuguesa, CITAR – Centro de Investigação em Ciências e Tecnologias das Artes, Escola das Artes, Rua Diogo Botelho, 1327,4169-005 Porto, Portugal.

3. Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Largo Marquês de Marialva, 8 Palácio do Vimioso, 7000-089 Évora, Portugal.

* a.neves4@gmail.com

Resumo

O presente artigo tem dois objetivos: o primeiro é dar a conhecer o acervo de medalhas da extinta Secção de Investigação e de Estudos Volte Face – Medalha Contemporânea, da Unidade de Investigação da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, o CIEBA, constituído por medalhas de diversos tamanhos, formatos e materiais (orgânicos, inorgânicos e sintéticos), cujas características influenciam o modo como se degradam e como se acondicionam; o segundo objetivo é apresentar as propostas de embalagem para o acondicionamento das medalhas, para as quais se recorreu à modelação 3D, desenho vetorial e impressão 3D. No primeiro caso apresenta-se a inventariação dos objetos, a sua documentação, a identificação dos materiais constituintes e dos fatores de degradação. Para o segundo caso definiram-se critérios para a seleção do formato das embalagens, e para a escolha dos materiais de construção. Selecionou-se o polipropileno alveolar para a caixa e o polietileno de baixa densidade para o material de enchimento.

Abstract

The present article has two objectives: the first one is to present the collection of medals of the extinct Research and Studies Section Volte Face – Medalha Contemporânea, of the Research Unit of the Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, CIEBA, constituted by medals of various sizes, formats and materials (organic, inorganic and synthetic), whose characteristics influence the way they degrade and how they are conditioned; the second objective is to present the packaging proposals for the packing of the medals, for which we used 3D modelling, vector drawing and 3D printing. In the first case, we present the inventory of objects, their documentation, identification of constituent materials and degradation factors. For the second case, criteria were defined for the selection of the packaging format and for the choice of construction materials. The alveolar polypropylene for the box and the low-density polyethylene were selected for the filler material.

PALAVRAS-CHAVE

Medalha contemporânea
Impressão 3D
Acondicionamento
Fotogrametria
Modelação 3D
Embalagens

KEYWORDS

Contemporary medal
3D printing
Packaging
Photogrammetry
3D modelling
Boxes

Introdução

Estipula-se que a medalha contemporânea portuguesa teve o seu início com a obra realizada por José Aurélio (1938), por ocasião da comemoração da *Inauguração da Sede e Museu da Fundação Calouste Gulbenkian, I Centenário do Nascimento de Calouste Gulbenkian*, em 1969 [1]. Trata-se de uma medalha fundida em bronze que é descrita pelo autor da seguinte forma:

“impunha-se, pois, como condição primeira, chamar ao anverso da Medalha esses dois acontecimentos, para lhes dar a mesma importância. [...] dois volumes idênticos, ligados entre si por quatro elementos. [...] o superior simbolizando o primeiro centenário do nascimento de Calouste Gulbenkian, o inferior simbolizando a inauguração da Sede e Museu, foi gravada a descrição respectiva; os quatro elementos de ligação simbolizam as quatro constantes da vida de Calouste Gulbenkian e da Fundação. No reverso [...] o volume inferior simboliza a Fundação Calouste Gulbenkian e o volume superior simboliza a imensa obra realizada e a realizar pela Fundação. Os mesmos quatro elementos simbolizam já as quatro propostas estatutárias da Fundação: fins caritativos, artísticos, científicos e educativos” [2].

Muitas outras personalidades do mundo da escultura e medalhística contribuíram com modificações nos pressupostos de medalha, abrindo caminhos para novas experimentações e linguagens. Foram eles José Rodrigues (1936-2016), Dorita de Castel-Branco (1936-19969), Charters de Almeida (1935), Hélder Batista (1932-2015) e João Duarte (1952). Cada um deles desenvolveu a sua própria linguagem.

José Rodrigues desenvolveu um trabalho caracterizado por relevos subtis sem volumes proeminentes. Tem-se o exemplo da medalha comemorativa *Jaime Cortesão 1º Centenário do Nascimento* (1984), onde o relevo da medalha é baixo assemelhando-se a planos que se elevam pouco em relação ao corpo da medalha.

Dorita de Castel-Branco defendia, no campo da medalhística, que a “criatividade tinha espaço para laborar, constituindo até um desafio mais interessante” [3], mesmo nas condições restritivas de uma encomenda.

Charters de Almeida definiu o conceito de “medalha-objecto”. Este escultor e medalhista dedicou-se à realização de objetos que divergem da medalha de duas faces (anverso/reverso), explorando soluções plásticas que modificam a superfície tradicional da medalha. Esta solução, a medalha-objecto, é potenciadora de múltiplas possibilidades formais, técnicas e conceptuais, [4] uma vez que permite ser observada a 360°.

A obra singular de Hélder Batista demonstra, num campo mais tradicional, relevos suaves e delicados, com volumes pouco exacerbados em relação ao corpo da medalha. Num plano mais construtivo da medalha, o escultor usava por vezes pequenas figuras que colava em planos com aberturas,

criando autênticos cenários, onde cada personagem nos conta uma história.

Por fim, referenciamos a obra de João Duarte, fortemente ligada a um imaginário lúdico. As suas medalhas têm sempre presente a componente de brinquedo e jogo. O seu trabalho é um constante convite à prática de ações com as medalhas que cria. Há na sua maioria algo que induz à exploração e descoberta por parte do observador, através do manuseamento das suas medalhas.

O surgimento do “Volte Face – Medalha Contemporânea”

O “Volte Face – Medalha Contemporânea” foi um grupo fundado por alunos e professores no ano letivo de 1997/98. Surgiu da disciplina de Medalhística da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa (FBAUL):

“Professor Auxiliar Escultor João Duarte, Regente da cadeira, o Professor Assistente Rui Vasquez e os alunos, Amílcar Soares, Maria João Ferreira, Patrícia Bilé, José Viriato Bernardo, Jorge Baptista, Patrício Oliveira, Nuno Carvalho, Davinia de Brito e Olga Neves” [5].

Em 2003, passou a Centro de Investigação e de Estudos Volte Face – Medalha Contemporânea. Quatro anos mais tarde, com a criação do Centro de Investigação e de Estudos em Belas-Artes (CIEBA), viria a tornar-se Secção de Investigação e de Estudos Volte Face – Medalha Contemporânea [6]. O Volte Face tinha como objetivos a aprendizagem e investigação no âmbito da medalhística, bem como a sua divulgação em contexto nacional e internacional [7].

No âmbito da divulgação, o Volte Face estabeleceu vários protocolos e parcerias com várias instituições. São exemplo disso os protocolos assinados com a Câmara Municipal do Seixal, onde o grupo se assume como colaborador na *Bienal Internacional de Medalha Contemporânea* [8], ou com a Câmara Municipal de Sintra, com a qual coopera na organização do *Prémio de Medalha Contemporânea Dorita Castel-Branco* [9]. A nível internacional estabeleceu parcerias, por exemplo, com a Universidade de Artes de Filadélfia (EUA), com a Academia Nacional de Belas-Artes de Sofia (Bulgária), ou com a Faculdade de Belas-Artes da Universidade Nicolaus Copernicus, em Torun (Polónia), entre muitas outras instituições com as quais foi criando elos para o desenvolvimento de um circuito que permitia a permuta de conhecimentos, divulgando a medalha contemporânea portuguesa no estrangeiro e possibilitando o contacto com a medalhística praticada noutros países.

Para além da divulgação da medalha, o Volte Face tem também como objetivo, fornecer “formação artística específica na área de Medalhística” [7]. Neste sentido, realizou um protocolo com a Imprensa Nacional

– Casa da Moeda (INCM) [10], com vista a complementar a formação dos alunos nas áreas da medalhística e gravura numismática, através de um estágio profissional nas instalações da INCM e de um concurso anual para a edição de uma medalha comemorativa.

No ano de 2016, a Secção de Investigação e Estudos Volte Face – Medalha Contemporânea viu o seu percurso terminar.

Acervo de medalhas contemporâneas do “Volte Face”

Características

O acervo de medalhas contemporâneas Volte Face é constituído por obras realizadas pelos seus membros e que ficaram em depósito na FBAUL. Com o presente estudo foram inventariadas 489 medalhas, de 32 autores. Como norma de documentação utilizou-se as orientações de Robin Thornes, Peter Dorrell e Henry Lie do *Getty Institute* [11] por indicar os campos essenciais para identificação de um objeto e por poder ainda ser utilizado como lista de itens identificativos, solicitados pelas autoridades, quando ocorrem roubos de obras [11]. Aos itens desta norma foram adicionados outros que permitem a identificação e caracterização desta tipologia de objetos, como por exemplo a legenda, o número de edição ou propriedades das medalhas tais como: constituição (se são ou não compostas por partes, qual o seu contorno) ou ainda o seu comportamento (se têm ou não movimentos e quais).

O acervo estudado é constituído por exemplares mais tradicionais, que têm os seus antecedentes nas medalhas renascentistas que perduraram ao longo dos tempos, e por medalhas contemporâneas. Na primeira tipologia os objetos são, normalmente, descritos como uma peça de metal, de formato redondo, representando a efígie de uma pessoa célebre, ou evocando a celebração de um acontecimento, em baixo-relevo, e acompanhadas por uma legenda explicativa do acontecimento [12] (Figura 1). Na vertente mais contemporânea (Figura 2) as medalhas são entendidas como:

“necessidade de dar ao artista toda a liberdade criativa, quer quanto à forma, quer quanto ao conteúdo. E assim aparecem medalhas que, mudando-se as legendas, podem servir para evocar qualquer evento, por mais díspar que sejam. Ou são construídos objectos metálicos, muitas vezes de multipartes que encaixam, para definir conceitos tão simples como um centenário ou a figura de uma distinta personalidade” [13].

Esta coleção é muito peculiar por apresentar medalhas de carácter experimental, isto é, com a exploração de questões plásticas diversas [14]. As medalhas que representam este acervo são constituídas por diversos tamanhos, formatos e materiais. Como constituintes orgânicos podemos indicar a madeira, os favos de mel, partes de animais, ou mesmo estrume; como sintéticos os acrílicos, os derivados de



Figura 1. Exemplo de medalha com cânones tradicionais (Rui Vasquez; “Centro da Performance Humana da F.A.P./ III International Meeting on Biodynamics 22-24 Abril 1992 Oeiras Portugal”; Cunhada em bronze). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.



Figura 2. Exemplo de medalha contemporânea (Catarina Albuquerque (2006) “Holly Mother”; Construção; borraça e fio). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.



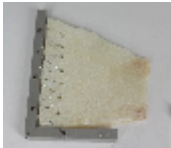








Figura 3. Objeto inventariado com a maior dimensão (Rui Vasquez, 2010, “Os que o rodeiam-morrem prematuramente”; Construção; papel, ferro e cera, 90 mm × 885 mm). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

madeira (por exemplo aglomerado de fibras de madeira), e como inorgânicos, a pedra, os cerâmicos e o metal. Todos os materiais são, na sua maioria, utilizados de forma combinada (Tabela 1).

As medalhas contemporâneas inventariadas, no acervo em estudo, apresentam dimensões compreendidas entre os 25 mm e os 885 mm, sendo estes os valores mínimo e máximo, respetivamente. A medalha com as medidas

Tabela 1. Materiais constituintes do acervo Volte Face – Medalha Contemporânea (Fotografias de Ana Sofia Neves. Obras dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa).

Materiais	Exemplos	Imagens
Metais	aço inox; alumínio; latão; ferro; bronze; prata; chumbo; estanho; ouro; cobre	
Cerâmicos	porcelana; terracota; faiança; grés	
Pedras e Minerais	pedras; mármore; gesso; areia; ardósia	
Vidros	espelhos; vidro	
Polímeros	acrílico; nylon; resina epóxi; poliuretano; plásticos diversos; películas de TAC; poliéster; k-line	
Materiais Lipídicos	cera; parafina	
Têxteis	fio de algodão; fita de cetim; lã	
Madeiras e Derivados de Madeira	casca de coco; sisal; aglomerado de partículas de madeira; balsa; aglomerado de fibras de madeira; cartão; papel; pinho; cortiça	
Materiais Percíveis	comprimidos; conchas; espinhas; favos de mel; estrume; asas de pássaros; penas; maçarocas de milho	

máximas é construída com uma caixa de cigarrilhas que no seu interior tem uma longa tira de papel higiénico pintado. Quando a tira é estendida para fora da caixa, a medalha assume na totalidade da largura, a dimensão referida. Porém, quando fechada, mede 90 mm × 82 mm. (Figura 3). Da totalidade de medalhas inventariadas, um conjunto

de 102 apresenta dimensões máximas que estão entre os 70 mm e os 79 mm. Segue-se o intervalo dos 80 mm a 89 mm, com 81 medalhas. O terceiro grupo mais representativo, com 70 exemplares, é o das medalhas com dimensão máxima compreendida entre os 60 mm e os 69 mm. Como podemos ver na Figura 4.

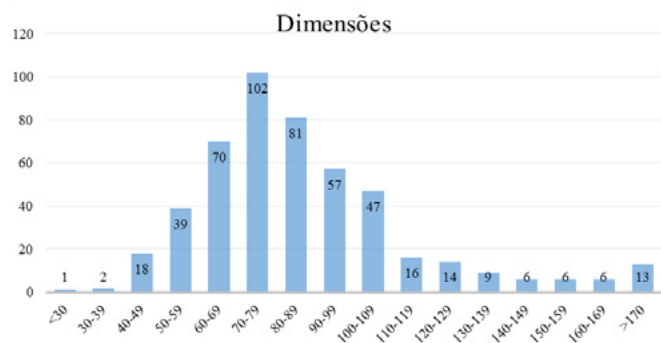


Figura 4. Gráfico com representação das dimensões máximas das medalhas do acervo expressas em milímetros. Gráfico da autoria de Ana Sofia Neves e Paulo Dias.



Figura 5. Medalha em resina com inclusões – exemplo de foto-oxidação (Rita Portugal (s.d.) [Sem Título]; Fundição e Construção; Resina, estanho, anzol, fio de pesca, espinhas). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.



Figura 6. Exemplo de mistura de materiais (Catarina Albuquerque (s.d.) [Sem Título]; Construção; penas, plásticos, purpuras e metais). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

O acervo é diversificado não só nas dimensões e nas matérias, mas também nas formas. As propostas vão do anverso/reverso, onde observamos medalhas de formatos circulares, quadrangulares, retangulares ou até mesmo triangulares, a medalhas de vulto redondo que apresentam formas esféricas, cúbicas, paralelepípedicas ou formatos com contornos tão irregulares que se torna difícil aproximá-las de sólidos geométricos [15].

Podem existir ainda variações plásticas com aberturas ou rasgos nas composições das medalhas. Outras peças poderão ou não possuir elementos de interação (visual, cinética ou auditiva), resultantes de mecanismos de ação como dobradiças ou eixos [15].

Fatores de degradação

De acordo com o descrito por Rosario Llamas Pacheco, os fatores de degradação que afetam a arte contemporânea podem ser a qualidade dos materiais usados, as técnicas de execução, a velocidade de elaboração, a mistura de materiais, as condições do ambiente (luz, humidade, temperatura), e ainda danos resultantes do acondicionamento e transporte [16].

No processo de inventário e documentação do acervo *Volte Face* foi-nos possível identificar os principais fatores de degradação responsáveis pelos fenómenos de alteração observáveis nas medalhas em acervo. Na sua maioria resultam do natural envelhecimento dos materiais, da conjugação de materiais distintos em cada medalha, do incorreto acondicionamento das mesmas, do carácter experimental das técnicas empregues e da qualidade dos materiais.

No que diz respeito ao envelhecimento dos materiais podemos destacar as resinas poliéster e epóxi que se encontram amarelecidas (Figura 5). Quando comparamos os objetos com imagens de catálogos das épocas de execução são visíveis diferenças. Este processo de amarelecimento pode dever-se à presença de cromóforos. De acordo com Mikel Ubieta o seu aparecimento está relacionado com processos de hidrólise e oxidação do polímero [17]. Quando se trata de plásticos transparentes ocorre opacificação do material [17]. Os cromóforos são moléculas que levam os polímeros a absorverem radiação nas áreas do ultravioleta-próximo e do visível e são os responsáveis por dar cor ao material [18].

Um outro fator de degradação observado é a mistura de materiais. No acervo encontramos, como referido, medalhas compostas por materiais sintéticos, inorgânicos e orgânicos, todos eles usados em simultâneo. Por exemplo, existe uma medalha feita com penas de um pássaro, metal, plástico e madeira (Figura 6); outra medalha reúne favos de mel, metal e papel; outra medalha é uma peça de resina com inclusões de espinhas de peixe, anzóis e uma base em estanho (Figura 5). Existem ainda três medalhas executadas em estanho e com elementos em papel. Nestas situações deparamo-nos com fragilidades acrescidas, que são motivadas pela forma como os elementos estão interligados (problemática das técnicas de execução de carácter experimental). No exemplo ilustrado na

Figura 6, existem elementos que são colados, como o caso das penas [19], e outros que são unidos ao corpo central através de arames enrolados em parafusos.

No entanto, existem situações que embora apresentem mistura de materiais, não reúnem tantas tipologias distintas, tais como: medalhas construídas com metal ferroso e madeira ou medalhas em pasta cerâmica com elementos em crochê. Não só os diversos materiais apresentam características e necessidades de conservação distintas, bem como podem interagir entre eles promovendo a sua degradação. Um destes exemplos é o caso de uma medalha composta por elementos de madeira e metal ferroso. A interação destes dois materiais pode levar ao aparecimento de manchas na madeira causadas pelo contacto com o metal de origem ferrosa [20].

No que respeita à qualidade dos materiais, destacamos duas medalhas que têm na sua constituição papel higiénico. Este material encontra-se pintado, funcionando como suporte de pintura. Esta função é pouco convencional para este material, desconhecendo-se o seu comportamento ao longo do tempo (Figura 3).

A complexidade dos objetos de arte contemporânea, como é o caso das medalhas deste acervo, implica alguma preocupação em relação ao seu acondicionamento [16]. Embora as medalhas estejam acondicionadas em embalagens, propostas pelos próprios autores, as soluções alcançadas nem sempre são as mais adequadas:

- medalhas sem qualquer tipo de proteção dentro de caixotes de cartão;
- recurso a embalagens do quotidiano como embalagens de bolachas, pacotes de leite ou sumo (Figura 7), caixas de gelado e ainda papel absorvente, normalmente usado nas nossas cozinhas;
- colocação de várias medalhas de formatos e materiais distintos, sem proteção, em caixas de grandes dimensões tornando-as contentores coletivos.



Figura 7. Exemplo de embalagem com objeto quotidiano (Luís Franco (2001) [Sem Título]; Fundição; Chumbo e folha de ouro). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

Apesar do número de medalhas mal-acondicionadas ser elevado, alguns autores demonstraram algum cuidado e revestiram os interiores das caixas com espumas ou esferovite de forma a acomodar melhor os objetos.

Estado de conservação do acervo

No texto *Nomenclatura Numismática*, de Leite de Vasconcellos, encontramos várias definições de termos relacionados com medalhística e numismática. Uma das entradas qualifica o estado de conservação das moedas, que se passa a citar: “conservação: segundo o estado de conservação de uma moeda, pode dizer-se na descrição dela: nova em folha, bem ou mal conservada, gasta, apagada, safada, cerceada; transformada em simples chapa” [21].

Apesar destes termos poderem ser utilizadas para a classificação de medalhas tradicionais, similares a uma moeda, na contemporaneidade a variedade de formas e de materiais da medalha leva-nos a aproximá-las formalmente mais da escultura, tornando os termos acima expostos difíceis de enquadrar na realidade do nosso estudo. Como tal sentiu-se necessidade de se utilizarem termos que se adequassem a esta tipologia de medalhas. Recorreu-se assim aos estados de conservação descritos pela Direção Geral do Património Cultural (DGPC), o que permitiu seguir uma norma de contexto nacional.

A DGPC estipulou cinco definições de Estados de Conservação: o muito bom, o bom, o regular, o deficiente e o mau. Ao primeiro correspondem peças sem qualquer problema a nível de conservação. O segundo define as peças sem problemas de conservação, mas que podem apresentar uma lacuna ou falha. O estado regular descreve peças com lacunas ou falhas e que necessitem de intervenção. No caso do estado deficiente os objetos necessitam de ser intervencionados com alguma urgência. Por fim, o caso mais grave desta escala, o mau, corresponde a peças com graves problemas [22].

As medalhas foram classificadas de acordo com as cinco categorias propostas pela DGPC, da seguinte forma:

- do muito bom ao regular enquadram-se as medalhas que não apresentam qualquer dano ou cujos danos observáveis não colocam a sua existência em risco;
- do deficiente ao mau enquadram-se as medalhas com danos que podem promover a degradação de forma mais rápida. Por exemplo, uma medalha classificada como estando em mau estado é uma obra que perdeu a sua forma original. Ela era composta por duas asas de pássaro com uma pedra (elemento central). Atualmente a medalha está desfeita restando apenas um conjunto de penas e uma pedra separada destas.

Após o levantamento determinámos que: 36 medalhas estão em muito bom estado de conservação; 385 estão em bom estado; 59 em regular; sete em deficiente e apenas uma em mau estado por se encontrar muito mutilada (Figura 8).

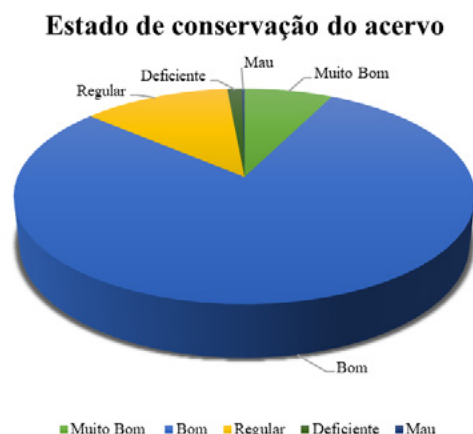


Figura 8. Esquema representativo do estado de conservação do acervo. Esquema da autoria de Ana Sofia Neves e Paulo Dias.

Propostas de acondicionamento

A embalagem é “o conjunto de materiais que se dispõem em torno de um objeto e que estão em contacto com ele com o objetivo de protegê-lo durante a manipulação e circulação” [23].

No caso particular e histórico das medalhas e moedas, desde sempre existiu uma preocupação por acondicioná-las e armazená-las em segurança. De acordo com Maria Rosa Figueiredo:

“as coleções de medalhística eram de tal modo acarinhadas, que muitas vezes eram guardadas nas próprias câmaras dos seus proprietários. Para o seu conveniente armazenamento, produziu-se mobiliário próprio: os medalheiros, que, para além das coleções de medalhas, guardavam também moedas” [24].

Pode ver-se nas medalhas de cariz mais tradicional uma relação muito próxima entre a medalha e o seu estojo.

Contudo, para as medalhas contemporâneas, dadas as suas características, os estojos convencionais deixam de ser compatíveis, pois não conseguem acondicionar objetos com volumes tão exacerbados.

Dos fatores de degradação identificados e enumerados anteriormente, aquele que nos é possível solucionar com maior facilidade é o incorreto acondicionamento das medalhas através da criação de propostas de embalagens que acompanhem a fisionomia dos objetos. Pouco poderá ser feito para evitar o envelhecimento dos materiais, uma vez que se trata do ciclo natural de vida do material. O mesmo se sucede com os fenómenos de alteração resultantes do contacto entre materiais distintos, que inevitavelmente interagem entre si, e que materializam as soluções estéticas propostas pelos autores.

Materiais de acondicionamento

Os materiais de acondicionamento existentes no mercado são muito diversos: madeiras, papéis, plásticos, chegando mesmo a existir soluções com elementos metálicos. Cada um deles tem uma particularidade e função específica no contexto do acondicionamento. Dos materiais mencionados os plásticos surgem como os mais viáveis para a realização de embalagens para uma coleção desta natureza, devido à sua baixa condutividade térmica, à estabilidade a altas temperaturas, à baixa permeabilidade a vapores e líquidos e à resistência a agentes químicos [23].

Foi feito o levantamento das características dos seguintes polímeros: poliuretano, poliestireno, polietileno e polipropileno. Com base nas informações recolhidas (Tabela 2), excluiu-se o poliuretano por ser entre todos o que oferecia menos durabilidade, além de amarelecer, não sendo ideal para acondicionamentos a médio ou longo prazo [25]. Outra das opções rejeitada foi o poliestireno, pois a sua tendência para adquirir eletricidade estática [25] é um facto que aumenta a possibilidade de acumulação de poeiras e sujidades sobre as peças. O polietileno por ser

Tabela 2. Materiais de acondicionamento.

Plásticos com características aconselhadas para embalagens [23] [25] [27]			
Material	Forma	Exemplos	Características
Poliuretano (PU)	Espuma	Espuma de poliuretano amarela ou cinza	Amarelece quando exposto ao ar e com o passar do tempo adquire manchas e torna-se frágil; as espumas degradam-se mais rapidamente devido à maior área exposta ao ambiente.
Poliestireno (PS)	Espuma, pérolas	Espuma expandida ou estruída	Fácil de cortar; usado como enchimento de caixas; cria eletricidade estática; não deve ser usado em contacto com objetos com propriedades pulverulência (pastel seco ou carvão).
Polietileno (PE)	Espuma, películas	Película <i>bubble</i> ; <i>bubble</i> com papel kraft; <i>bubble</i> com película de espuma de polietileno Película de espuma de polietileno	A sua superfície pode conter ceras usadas nos moldes durante a sua produção, não existindo danos documentados (película <i>bubble</i> por exemplo); quando cortada a superfície da espuma verifica-se abrasiva para objetos mais delicados (usar um material de interface); quando sujeito a fatores de degradação pode tornar-se quebradiço e ocorrerem fissuras ou rasgos.
Polipropileno (PP)	Placas, película e espuma	Placa de polipropileno alveolar; Película de espuma de polipropileno	Tem um período de vida longo; é resistente a substâncias alcalinas e ácidas com a exceção dos ácidos sulfúrico e crómico; boa resistência a temperaturas elevadas (temperatura de degradação 286 °C).

comercializado em forma de película ou espuma não pode ser utilizado na produção da caixa, mas sim como material de amortecimento no interior das caixas. O polímero eleito foi por isso o polipropileno devido à sua resistência, durabilidade e estabilidade química [26].

O polipropileno foi selecionado na forma de placas alveolares, para execução das caixas (Placas de Polipropileno Alveolar, *Mitera*, Agualva Cacém, <http://www.mitera.pt/pt/>). Para o material de amortecimento e incrustação das obras, usado no interior das caixas, optámos pelo polietileno de baixa densidade, em forma de espuma (Espuma de Polietileno, 100 metros, *Soluções de embalagem*, Paços de Ferreira e Cacém, <https://100metros.pt/>), uma vez que a espuma tem capacidade de dissipar a energia dos choques e minimizar o seu efeito nos objetos [28]. A variante de polietileno de baixa densidade que foi adquirida para este estudo ao ser cortada tem tendência a tornar-se abrasiva. Para contornar esta desvantagem, e nos objetos que se justificar, deve ser colocado um material de interface entre a espuma e o objeto, para se evitarem danos, podendo ser uma opção o papel *Tissue*.

Estudo da estrutura caixas

Após a seleção dos materiais mais adequados para a realização das embalagens, passou-se ao planeamento das suas formas, em função do tipo de acondicionamento, tendo-se em conta a tipologia de cada uma das obras.

As caixas devem evitar a entrada de poeiras, sujidades, insetos, e garantir a estabilidade dos objetos que contêm protegendo-os de danos físicos, por exemplo. Na elaboração das caixas teve-se em consideração que a sua montagem dependesse apenas de um sistema de dobras e encaixes a partir de linguetas. O objetivo foi o de construir uma embalagem sem adesivos ou elementos metálicos para a fixação por um lado, para conservação da própria embalagem, e por outro, devido ao facto deste tipo de materiais poder interagir com as peças, seja pela libertação de produtos instáveis dos adesivos ou através da transmissão de óxidos por partes de possíveis elementos metálicos adicionados. Foi ainda equacionada a importância da relação entre a tampa e a caixa, para que o conjunto tenha um funcionamento prático e ao mesmo tempo seja o mais possível estanque. Neste sentido foram realizadas três maquetes de forma a seleccionar-se a mais adequada para os objetos em estudo:

- **Teste 1:** é uma embalagem composta por duas peças, a tampa e a caixa que funcionam de forma autónoma uma da outra. A tampa encaixa em torno das paredes da caixa. Tem como vantagem a relação caixa-tampa que lhe confere alguma estanquicidade, evitando a entrada de poeiras. Relativamente às desvantagens apresenta-se o risco de dissociação, troca inadvertida ou perda da tampa (Figura 9);
- **Teste 2:** caixa com tampa fixa, por meio de uma dobra com função de dobradiça. A tampa tem um sistema de fecho através da inserção de uma lingueta



Figura 9. Embalagem Teste 1. Fotografia de Ana Sofia Neves.



Figura 10. Embalagem Teste 2. Fotografia de Ana Sofia Neves.



Figura 11. Embalagem Teste 3. Fotografia de Ana Sofia Neves.

numa abertura feita numa parede frontal da caixa. Nesta hipótese a tampa apenas fica apoiada no topo das paredes da caixa, e não passa sobre as laterais da caixa. A seu favor está o facto de evitar a dissociação entre a tampa e a caixa. No entanto a dobra que permite a abertura da tampa pode ser uma fragilidade e a relação caixa-tampa não lhe confere estanquicidade (Figura 10);

- **Teste 3:** caixa com tampa fixa, através de uma dobra com função de dobradiça. A tampa encaixa sobre a caixa, por meio de umas abas que assentam sobre as laterais e frontal da embalagem. Como vantagens apresenta a relação caixa-tampa confere-lhe alguma

estanquicidade que evita a entrada de poeiras e ainda garante que a tampa não se dissocie da caixa. O ponto negativo é a dobra que permite a abertura da tampa pode ser uma fragilidade (Figura 11).

Com as maquetes realizadas foi-nos possível determinar o modelo que se adequava melhor às necessidades. O teste selecionado foi o número 3, uma vez que recolhe as vantagens dos testes 1 e 2, ou seja, a tampa fixa, por meio de uma dobra, e a forma de encaixe da tampa em torno da caixa.

Produção das embalagens

Com o modelo da caixa selecionado e a relação de medidas definida passou-se para os testes recorrendo a um caso de estudo do acervo. Foi selecionada uma medalha do acervo, pertencente à artista Rita Portugal. Este objeto é composto por quatro peças, em bronze, com peças plásticas incrustadas. As peças encaixam entre si, como se de um puzzle se tratasse (Figura 12). Neste caso, o projeto fez-se em duas fases.

Desenho vetorial e corte das caixas

Os desenhos vetoriais das planificações da caixa, e do perfil da medalha foram feitos com o programa de *design* gráfico CorelDRAW Graphics Suite X8. O desenho da embalagem teve por base a maquete do Teste 3.

A nível de materiais foram usadas placas de polipropileno (PP) alveolar com 0,3 cm de espessura, tendo sido cortadas em função da dimensão da planificação para serem colocadas no equipamento de corte. Para o material a ser utilizado no interior usou-se a espuma de polietileno de baixa densidade (PE) com 4 cm de espessura.

Para o corte da caixa recorreu-se à impressão por subtração com um laser de CO₂ com ar comprimido, da ASTRO ABAX, modelo ABX PLOTTER 1309, com uma área de



Figura 12. Caso de Estudo (Rita Portugal (s.d.) "In Process"; Fundição e Construção; Bronze e plástico). Fotografia de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

Tabela 3. Dimensões referentes ao caso de estudo da medalha *In Process*.

Componentes	Dimensão (cm)
Medalha	1 × 13 × 10
Espuma	4 × 16 × 13,5
Caixa	7 × 18 × 13,7

Tabela 4. Ensaio para a elaboração das caixas.

Ensaio		Resultados	
Testes	Valor da folga ¹ (cm)	A tampa funciona	A tampa tem algum defeito de funcionamento
Teste 3A	larg. 2		X
	prof. 1,1		
Teste 3B	larg. 0,2		X
	prof. 0,1		
Teste 3C	larg. 0,4		X
	prof. 0,2		
Teste 3D	larg. 0,2	X	
	prof. 0,1		
Teste 3E	larg. 0,4		X
	prof. 0,2		

¹Nos valores de folga apresentados para a profundidade, não estão contemplados os 0,9 cm de material que fica no interior da tampa após a dobragem da parede frontal.

130 cm × 90 cm e uma potência de 130 W. O programa usado foi o *Cam RDWorks V8*.

Na placa de PP alveolar foi recortada a planificação da caixa de acordo com o desenho do Teste 3. Na espuma de PE foi recordado o perfil da medalha. É de salientar que a caixa é desenhada tendo por base a dimensão da espuma que vai ter no interior, e que esta, por sua vez, é cortada de acordo com as características e dimensão da medalha que vai acondicionar. Deste modo e para o caso de estudo da medalha *In Process* obteve-se as medidas apresentadas na Tabela 3.

A diferença de milímetros em relação à caixa permite que se coloque a espuma no interior desta sem forçar as paredes. Para se garantir que a tampa passa pelo lado de fora das paredes da caixa e que, por conseguinte, fica fechada de forma adequada, evitando-se aberturas inadvertidas da caixa, foram realizados cinco testes, do modelo escolhido, o Teste 3. Estes ensaios visaram avaliar o valor de folga mais adequado da tampa em relação à caixa bem como qual a melhor altura para a tampa (Tabela 4).

Dos testes realizados conclui-se que o Teste 3D reúne as especificidades necessárias. Trata-se de uma embalagem em que a folga é de 0,1 cm no valor da profundidade (aos quais se soma 0,9 cm de material proveniente da dobra que a tampa tem na parede frontal) e 0,2 cm de folga na largura da tampa.

Para além destes parâmetros, a tampa da caixa acompanha a altura da caixa. O resultado é uma tampa com as seguintes dimensões: 7 cm × 18,2 cm × 14,7 cm.

Montagem das caixas

Para a montagem das caixas foram realizados vincos nas zonas de dobragem, previamente estabelecidas no desenho. Foram testadas três ferramentas: um *x-ato*, um teque de escultura com um perfil em V e um raspador de juntas cujo perfil é retangular. Foram testados em amostras de PP alveolar de 0,3 cm de espessura, tanto a favor do veio como contra os veios, para se determinar qual o mais adequado ao processo.

Excluiu-se primeiramente o *x-ato*. Mesmo quando se aplica um corte superficial com o intuito de se vincar a superfície, existe rutura de uma das camadas do PP alveolar ficando este mais frágil. O raspador de juntas foi deixado de parte porque o seu perfil retangular, cria uma marca pouco intensa em profundidade, e o vinco não fica muito delineado. A ferramenta eleita foi o teque de escultura, com perfil em V. Este deixa na superfície um vinco mais fundo. Cria um sulco definido em profundidade e lateralmente a esse vinco esmaga um pouco os veios, o que dá origem a mais espaço para a dobra.

É necessário ter em atenção que para as dobras que ultrapassam ângulos de 90° devem fazer-se dois vincos com cerca de um centímetro de distância. À medida que se realizam as dobragens, as várias linguetas vão sendo encaixadas nas respetivas aberturas permitindo a união das partes.

Relativamente ao tratamento da espuma de polietileno, depois de recortado o perfil retirou-se o material que fica

no interior do corte, com um *x-ato* inserido lateralmente na espuma, soltando a área correspondente à medalha. Assim cria-se uma cavidade com a forma do objeto no centro da espuma (Figura 13).

Estruturas de acondicionamento em polímero láctico (PLA)

Aquisição fotogramétrica

Para obtenção do modelo 3D do objeto foi necessário realizar 140 fotografias, 70 fotografias do anverso e 70 do reverso da medalha, para processamento fotogramétrico. Para o registo fotográfico foi utilizada uma estrutura *Photo Light Tenda Cube Box* (80 cm × 80 cm × 80 cm). Trata-se um estúdio de iluminação independente feita em tecido de *nylon* que difunde fontes de luz externas para suavizar sombras e reduzir o brilho. Este estúdio simplifica os problemas de iluminação associados a fotografar objetos brilhantes ou com reflexos, criando um ambiente controlado ao redor da peça. Foram ainda usados iluminadores com temperatura de cor de 5000 K. Usou-se uma máquina fotográfica *NIKON D3200* com uma objetiva *AF-S NIKKOR de 18-55 mm*.

Dada a dimensão dos objetos teve-se em especial atenção alguns parâmetros como: o diafragma *f/16*, que resultou num intervalo de campo de focagem de 4 cm (DOF); o ângulo em que a câmara se encontrava em relação à peça que foi ajustado a 13°; e a distância da lente ao objeto foi de 50 cm [29] (Figura 14). É de salientar que estes foram parâmetros determinados em função do equipamento utilizado. Para

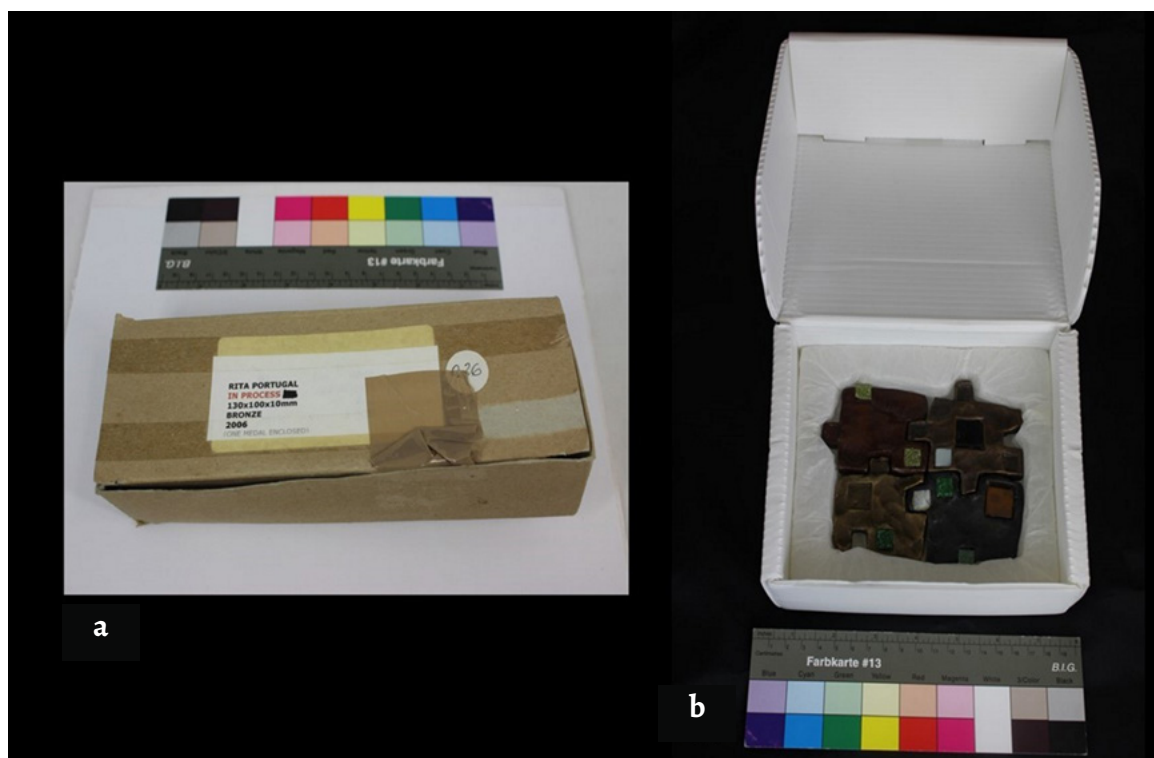


Figura 13. Caixas de acondicionamento: (a) Caixa de acondicionamento original da medalha *In Process*; (b) Caixa de acondicionamento criada à medida para a medalha *In Process*. Fotografias de Ana Sofia Neves. Obra dos acervos da FBAUL.

facilitar o processo de aquisição foi usado um suporte giratório, onde se colocou a medalha em cima. As imagens foram capturadas de cinco em cinco graus. Deste modo a máquina permaneceu fixa, apoiada num tripé, enquanto se fez o movimento rotativo no prato.

Processamento das imagens

A fase de processamento das imagens foi realizada no programa *Agisoft PhotoScan*. Trata-se de um *software* comercial que executa o processamento fotogramétrico de imagens digitais e gera dados espaciais 3D para serem usados em aplicações de sistemas de informação geográfica (SIG), produção de modelo 3D de património cultural, para medições indiretas de objetos de várias escalas, entre outras aplicações [30]. O aspeto cromático do modelo resultante foi muito fiel à peça original, encontrando-se representados os detalhes da superfície, bem como os pormenores da forma.

Modelação de estruturas de acondicionamento

Com o modelo fotogramétrico 3D da medalha foi possível modelar em ambiente de computação gráfica uma estrutura do negativo da peça para assegurar a sua imobilização [31], sendo esta posteriormente impressa. Para a modelação recorreu-se ao programa de computação gráfica de código aberto, o *Blender*. Em primeiro lugar o modelo foi importado para o *Blender*. Foi depois possível manipular o modelo colocando-o sobre uma base, realizada a partir da inserção de um plano. Para a criação de um perímetro que permitisse a imobilização da medalha, foram construídas paredes em torno de todo o perfil do objeto. Com recurso a este programa criou-se uma parede mais fina, com cerca de 2 mm a 3 mm e que mesmo assim conferisse estabilidade suficiente para evitar que a peça se deslocasse no interior do contentor principal.

Impressão por adição em PLA

Estas estruturas de encaixe da medalha foram trabalhadas no *software* de impressão *Cura*, um programa que permite gerar o código de impressão. Entre muitos parâmetros que se podem definir, pode estipular-se a disposição do objeto no tabuleiro da impressora, a velocidade de impressão ou a densidade do modelo, consoante a impressora selecionada. Após a otimização do modelo passou-se à sua impressão com um filamento de polímero láctico (PLA), branco. O PLA é um termoplástico sem cheiro, que surge sob a forma transparente ou opaca, em qualquer cor. Este material tem uma tendência biodegradável [32].

A impressora utilizada foi a *Anet A8*, esta imprime em filamentos de PLA ou em acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS). Permite a impressão de objetos até 220 mm × 220 mm × 240 mm, com uma velocidade de impressão entre os 10 e os 120 mm/s.

A impressão em PLA permitiu a execução de uma estrutura de contenção que imobilizasse a medalha no interior da caixa de PP (Figura 15). O processo de impressão

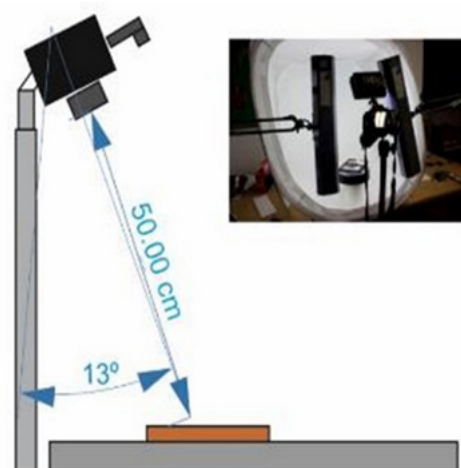


Figura 14. Parâmetros de aquisição fotográfica para a fotogrametria e produção do modelo 3D.



Figura 15. Estrutura de acondicionamento em PLA. Impressa no ProjectLab da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, produzida por João Rocha, a partir do modelo tridimensional da autoria de Frederico Henriques. Fotografia de Ana Sofia Neves.

depende muito do modelo tridimensional e da sua dimensão. O modelo que foi realizado levou cerca de quatro horas a ser impresso. A este tempo é adicionado o tempo para a aquisição fotográfica, processamento de modelo e ainda a modelação da estrutura.

A falta de informação sobre possíveis interações do PLA com os materiais das obras, leva-nos a inferir a necessidade de se colocar um material de barreira em papel *Tissue*, para que não haja contacto direto entre a estrutura de acondicionamento e o bem artístico.

Conclusões

O estudo que se desenvolveu em torno da coleção de medalhas contemporâneas da extinta Secção de Investigação e de Estudos *Volte Face – Medalha Contemporânea da FBAUL*, permitiu criar um corpo de documentação sobre os materiais e técnicas utilizadas na construção de medalhas, bem como registar os fenómenos de alteração observados.

O levantamento realizado permitiu compreender as condições em que se encontrava o acervo. Este é extenso e apresenta carências na sua conservação. Foram identificados como principais fatores de degradação das medalhas: o envelhecimento natural dos materiais constituintes, a mistura de materiais, o processo de execução experimental das peças, a qualidade dos materiais utilizados e o incorreto acondicionamento. Os quatro primeiros fatores afetaram e continuam a afetar as medalhas deste acervo, pois são características relacionadas com o próprio tempo de vida dos materiais ou com as escolhas pessoais e estéticas de cada autor. Tal resultou em que a nossa intervenção de conservação passasse por melhorar as condições de acondicionamento. Uma vez que o acondicionamento original apresenta soluções pouco adequadas por se tratarem de estojos improvisados para as medalhas, tais como pacotes de leite, caixas de gelado, papel absorvente de cozinha, entre outras hipóteses, o nosso objetivo foi encontrar soluções de embalagens que pudessem ser produzidas em função do objeto que vão conter.

Uma das características das medalhas contemporâneas é o seu carácter de objeto único, similar a pequenas esculturas, ao qual se alia uma faceta de exploração, resultando em obras muito peculiares. Deste modo foram selecionados materiais de acondicionamento com características inertes e que não acrescentassem mais fatores de interações com os outros materiais das medalhas, tais como o polietileno e o polipropileno.

A realização das caixas com técnicas de subtração e/ou adição tem como objetivo minimizar o tempo despendido na sua produção e encontrar estratégias mais eficientes para peças complexas. O corte a laser das planificações das caixas e da espuma é algo que demora alguns minutos (aproximadamente 15 minutos), sendo assim uma vantagem quando comparado com o corte manual (que ronda os 60 minutos). Em situações em que as coleções são numerosas o corte a laser permite poupar algum tempo na execução das caixas. É de salientar que estes dados dizem respeito ao modelo Teste 3D que foi mais explorado para o acondicionamento das medalhas. O mesmo sucede com o corte do perfil da medalha na espuma, a exatidão com que é realizado permite um encaixe perfeito da medalha no interior da espuma sem que seja forçada. Esta metodologia permite o acondicionamento de peças complexas, pois utiliza os formatos específicos das obras.

O modelo selecionado, Teste 3D, permite não só que a medalha fique protegida de danos físicos (choques, abrasão, entre outros) como também evita a entrada de poeiras ou insetos. No entanto, deve ter-se em consideração que o polipropileno em formato de placas alveolares apresenta alguns desafios, sendo necessário ter em conta a espessura do material que se escolhe e ainda o tipo de ferramentas que se usa para a vincagem das dobras. Este são fatores que podem influenciar a construção das caixas. Também o sentido em que as dobras são executadas tem importância. Por exemplo, para este estudo tomou-se como preferência

colocar a dobra que existe entre a tampa e a caixa no mesmo sentido dos veios do PP alveolar, porque oferece menor resistência à dobragem do que quando se efetua no sentido perpendicular aos veios (os vincos das dobras para as abas laterais são feitos neste sentido). Daí ter sido necessário determinar uma ferramenta que conseguisse realizar um vinco adequado.

Relativamente à impressão por adição em PLA, de estruturas de acondicionamento, modeladas em programas de computação gráfica, podem-se encontrar vantagens e desvantagens. Como vantagem inclui-se o exaustivo levantamento fotográfico que é necessário realizar, que pode ser utilizado também na divulgação da peça e no diagnóstico e documentação no âmbito da conservação e restauro. Por ser um registo detalhado do objeto, pode ainda ser canalizado para a documentação da obra em inventários e os modelos 3D resultantes podem ser adaptados à produção de conteúdos didáticos e multimédia. Ou seja, existem várias áreas que podem tirar partido de um mesmo modelo. Outra vantagem, que está diretamente associada a este estudo de caso, reside na possibilidade de se criar estruturas internas para as caixas ajustadas às formas de cada medalha, que são por vezes bastante complexas. Consegue-se deste modo a contenção ajustada das medalhas e evitam-se choques com as paredes das caixas.

Todavia, como desvantagem, inclui-se o tempo de execução. Quando comparada a velocidade de produção das caixas de PP, que são cortadas em alguns minutos, com a impressão destas estruturas de PLA, verifica-se um aumento significativo no tempo afeto à sua concretização. A impressão por adição da estrutura aqui apresentada levou aproximadamente quatro horas a ser impressa. A esta desvantagem junta-se a ausência de estudos que atestem as características dos novos materiais de impressão e que informem sobre as eventuais interações que possam ter com as obras.

Agradecimentos

Agradece-se ao ProjectLab da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa (FBAUL) a produção de alguns modelos impressos do projeto, em particular, a João Rocha e a João Costa todo o apoio dado à iniciativa. Dá-se também nota a um agradecimento especial a Joana Amaral pela troca de ideias e disponibilização de referências técnicas dos produtos de acondicionamento. Gostaríamos ainda de agradecer a algumas das pessoas que auxiliaram no processo de inventário e documentação das obras, nomeadamente à Célia Neves pelo auxílio dado durante o levantamento das obras; ao Miguel Matos pelo apoio prestado na realização de fichas de inventário das obras e ainda ao Paulo Dias pela ajuda na identificação do registo fotográfico realizado e no tratamento dos dados estatísticos referentes ao levantamento do acervo.

REFERÊNCIAS

1. Duarte, J., 'Um Percurso na Medalha em Portugal', *Um Percurso na Medalha em Portugal – Exposição de Medalha na Reitoria da Universidade de Lisboa*. Universidade de Lisboa, Lisboa (2005).

2. Aurélio, J. 'O simbolismo da Medalha Comemorativa', *Colóquio-Revista de Artes e Letras* 56 (1969) 151, <http://coloquio.gulbenkian.pt/al/sirius.exe/numero?56> (acesso 2018-03-18).
3. Garcia, D., 'Dorita de Castel-Branco 1936-1996, II da vida pela obra dentro', em *Mulheres Escultoras em Portugal*, ed. S. Leandro, R. H. Silva, Caleidoscópio, Casal de Cambra (2016) 143-157.
4. Carvalho, N. L. de, 1964-1982 *Retrospectiva Medalha/Objecto – Desenvolvidos do Escultor*, Edições Estoril-Sol, Estoril (1982).
5. *Exposição coletiva: medalha contemporânea: projecto volte face*, Câmara Municipal de Lisboa, Lisboa (2001).
6. Despacho nº11-949 – BD/2007. D.R. 2 Série. 114 (15 de junho de 2007), pp. 16750 (67) -16750 (68).
7. Despacho nº 5440/2004. D.R. 2ª Série, 67 (19 de março de 2004), pp. 4276.
8. 'Protocolo de Colaboração com a Câmara Municipal do Seixal no âmbito da II Bienal Internacional de Medalha Contemporânea do Seixal', protocolo de colaboração, Arquivo do Volte Face – Medalha Contemporânea, Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, Lisboa (2001).
9. 'Protocolo de Colaboração no âmbito do Prémio de Medalha Contemporânea Dorita de Castel Branco para o ano de 2003', protocolo de colaboração, Arquivo do Volte Face – Medalha Contemporânea, Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, Lisboa (2003).
10. 'Protocolo de Colaboração entre a Imprensa Nacional – Casa da Moeda, S.A. e a Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa', protocolo de colaboração, Arquivo do Volte Face – Medalha Contemporânea, Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, Lisboa (2008).
11. Thornes, R.; Dorrell, P.; Lie, H., *Introduction to Object ID: Guidelines for Making Records that Describe Art, Antiques, and Antiquities*, Getty Information Institute, Estados Unidos da América (1999).
12. Rodrigues, F. A., *Diccionario Technico e Historico de Pintura, Escultura, Architectura e Gravura*, Imprensa Nacional, Lisboa (1875).
13. Trigueiros, A. M., 'A Medalha Arte Nobre da Escultura', *Moeda* 10 (2010) 17-26.
14. Ferreira, A., 'Volte Face – freedoms and debaucheries from "Lisbon school" kids', *Médailles* 63 (2010) 103-108.
15. Neves, A. S.; Bailão, A.; Ferreira, A., 'Volte Face Contemporary Medal: the Study of a Collection of Contemporary Medals', *Diferents. Revista de Museus* 3 (2018) 74-87.
16. Llamas Pacheco, R., *Arte Contemporáneo y Restauración – O cómo investigar entre lo material, lo esencial y lo simbólico*, Tecnos, Madrid (2014).
17. González de Ubieta, M. R., *Conservación y Restauración de Materiales Contemporáneos y Nuevas Tecnologías*, Editorial Síntesis, Madrid (2010).
18. Schaeffer, T. T., *Effects of Light on Materials in Collections: Data on Photoflash and Related Sources*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2001).
19. Neves, A. S.; Bailão, A.; Ferreira, A., 'Preservation of Organic Materials in Contemporary Medals', poster apresentado no 19th Conservator-Restorers' Professional Meeting, National Gallery of Slovenia em Ljubljana, Eslovénia (2019).
20. Unger, A.; Schniewind, A. P.; Unger, W., *Conservation of wood artifacts: a handbook*, Springer, Alemanha (2001).
21. Vasconcelos, J. L. de, *Nomenclatura Numismática*, Ulmeiro, Lisboa (1994).
22. Pinho, E. G.; Freitas, I. C., *Normas de Inventário – Normas Gerais*, 2ª ed, Instituto Português de Museus, Lisboa (2000).
23. González de Ubieta, M. R., *Transporte, depósito y manipulación de obras de arte*, Editorial Síntesis, Madrid (2007).
24. Figueiredo, M. R. 'As medalhas do Renascimento italiano – uma nova forma artística provocada pelo Humanismo', in *Medalhas e Plaquetas coleção Calouste Gulbenkian*, ed. J. C. B. Pereira, N. V. Silva, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (2004), 15-80.
25. Tétreault, J., 'Products used in Preventive Conservation – Technical Bulletin 32', Canadian Conservation Institute, Canadá, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/products-used-preventive-conservation.html> (acesso 2018-05-10)
26. Shashoua, Y., *Conservation of plastics: materials science, degradation and preservation*, Elsevier/Butterworth-Heinemann, Amesterdão (2008).
27. 'Damage Atlas – Atlas of case studies presenting typical damages', POPART, França, <http://popart-highlights.mnhn.fr/collection-survey/damage-atlas/index.html> (acesso 2018-05-10).
28. Fernández, I. G., *La Conservación Preventiva de Bienes Culturales* (2013).
29. Marziali, S., Dionisio, G., 'Photogrammetry and Macro Photography. The Experience of the MUSINT II Project in the 3D Digitization of Small Archaeological Artifacts', *Studies in Digital Heritage* 1(2) (2017) 299-309, <https://doi.org/10.14434/sdh.vii2.23250> (acesso 2018-01-24).
30. Agisoft PhotoScan, <http://www.agisoft.com/> (acesso 2018-11-02).
31. Astier-Cholodenko, N., 'L'utilisation des technologies d'imagerie 3D en Conservation-Restauration: Quels apports à la logique de la discipline?', Trabalho académico, Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, Département Histoire de l'art et Archéologie Parcours Préservation des Biens Culturels, Paris (2018), 1-29, https://cours.univ-paris1.fr/pluginfile.php/709148/mod_resource/content/0/ASTIER-CHOLONENKO_Dossier%20d%E2%80%99C3%A9pist%C3%A9mologie.pdf (acesso 2018-6-26).
32. 'Polilactido', em *MoDiP*, Museum of Design in Plastics, Reino Unido, <https://www.modip.ac.uk/plastics/materials/poly lactide> (acesso 2018-12-17).

RECEBIDO: 2018.12.9

REVISTO: 2020.1.28

ACEITE: 2020.4.29

ONLINE: 2020.7.31



Licenciado sob uma Licença Creative Commons

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite

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

Sistema emulsionado sin tensoactivos como alternativa al uso de un *solvent gel*

PAULA PÉREZ BENITO*
JOSÉ LUIS REGIDOR ROS
PILAR ROIG PICAZO

Institut Universitari de Restauració del Patrimoni (IRP), Universitat Politècnica de València, Camí de Vera, s/n, 46022 Valencia, España.

* paupebe@bbaa.upv.es

Sistema emulsionado sem tensoactivos como alternativa ao uso de um gel de solvente

Emulsion system without surfactant as an alternative to the use of a solvent gel

Resumen

Los geles son sistemas dispersos, con alta viscosidad, compuestos por una fase continua líquida y una fase dispersa sólida. El uso de geles en restauración de Bienes Culturales presenta dos claras ventajas: por una parte, el control del proceso de limpieza, ya que disminuye la difusión capilar y la evaporación del disolvente; por otra, una reducción de la toxicidad. El uso de *solvent gels* tuvo gran impacto en conservación, pero originó el problema de su eliminación de la red porosa del material sobre el que se aplica, además del uso de disolventes líquidos para su neutralización y aclarado. Por otro lado, son geles iónicos, razón por la cual no deberían emplearse en superficies que retengan humedad. En esta investigación se analiza el uso de un sistema emulsionado sin tensoactivos como alternativa a un *solvent gel* para eliminar los repintes que cubren las pinturas murales de la iglesia de los Santos Juanes en la ciudad de Valencia

Resumo

Os geles são sistemas, com elevada viscosidade, constituídos por uma fase líquida contínua e uma fase sólida dispersa. O uso de geles na conservação de Bens Culturais apresenta duas claras vantagens: por um lado, o controlo do processo de limpeza, uma vez que diminui a difusão capilar e a evaporação do solvente; por outro, a redução da toxicidade. O uso de geles de solventes teve grande impacto em conservação, mas originou o problema da sua eliminação da rede porosa do material em que se aplica, além do uso de solventes líquidos para a sua neutralização e limpeza. Por outro lado, são geles iónicos, pelo que não deveriam ser utilizados em superfícies higroscópicas. Neste estudo analisa-se o uso de um sistema emulsionado sem tensoactivos como alternativa a um gel de solvente para remover os repintes que cobrem as pinturas murais da igreja de Santos Juanes, em Valência.

Abstract

Gels are high viscosity dispersive systems formed of a liquid continuous phase and solid dispersed phase. Two main advantages appear with the use of gels for the conservation of the Cultural Heritage. Firstly, cleaning control due to the reduction in penetration and capillarity diffusion and also the evaporation solvent. The other advantage is toxicity reduction. The use of solvent gels had great impact on conservation, but caused the problem of its elimination from the porous network of the material in which they are applied and also the use of solvents for their neutralization and clearance. Moreover, these gels are ionic so they should not be used on surfaces that retain moisture. This study analyses the use of an emulsion system without surfactants as an alternative to solvent gels for cleaning the overpainting layers of the mural paintings of Santos Juanes church, in Valencia

PALABRAS CLAVE

Emulsión sin tensoactivos
Limpieza
Pintura mural
Solvent gel
Goma xantana

PALAVRAS CHAVE

Emulsão sem tensoactivos
Limpeza
Pintura mural
Gel de solvente
Goma xantana

KEYWORDS

Emulsion without surfactant
Cleaning
Mural paintings
Solvent gel
Xanthan gum

Introducción

La Real Parroquia de los Santos Juanes, conocida también como Iglesia de San Juan del Mercado de Valencia, emerge como consecuencia de la recristianización de los templos árabes de la ciudad tras la reconquista del rey Jaume I (1238), reconvirtiéndose en Parroquia la anterior Mezquita de la Boatella [1].

Dos graves incendios, uno en el siglo XIV y otro en el siglo XVI, ocasionaron graves daños que provocaron, ya con estilo gótico, su reedificación casi por completo. Pero será entre 1693 y 1702, cuando se produce la gran reforma barroca que le confiere la imagen actual. Para ello, se construyó una bóveda de cañón separada de la estructura gótica, “con sección sensiblemente parabólica, con definición de lunetos en su encuentro con los primitivos ventanales góticos” [2]. El pintor de Cámara Acisclo Antonio Palomino de Castro y Velasco fue el encargado de la ejecución de las pinturas murales al fresco de la bóveda de la nave central entre los años 1699 y 1701.

La Iglesia de los Santos Juanes sufre en 1936 otro gran incendio que dañó gravemente las pinturas murales de Palomino. Entre 1958 y 1963, dos tercios de la pintura mural fueron restaurados haciendo uso de la técnica de arranque a strappo, que consiste en arrancar del muro solo la película pictórica. Para ello, fueron encoladas con cola orgánica las telas de arranque y se fragmentó la pintura. Dichos arranques, fueron trasladados al taller de los hermanos Gudiol en Barcelona para su posterior restauración. Los procesos que abordaron fueron labores de limpieza, reintegración cromática y traslado a un nuevo soporte rígido, que consistió en la adhesión de la película pictórica a tableros de madera contrachapada mediante el uso de cola de contacto. Asimismo, desprotegeron la pintura con grandes cantidades de agua caliente y estucaron los faltantes con carbonato cálcico y cola orgánica. Los retoques cromáticos que efectuaron invaden el original y presentan un brillo muy distinto al de la superficie al fresco original [1-2].

De vuelta en Valencia, reubicaron las piezas en su emplazamiento original, clavando los paneles a unos tacos de madera insertados en la propia bóveda. A pesar de la forma plana de los paneles, intentaron acoplarlos de forma curva rellenando las uniones con estucos de cera. Ciertas áreas de pintura, como las del presbiterio, desaparecieron durante este proceso, encontrándose aún en la actualidad, en paradero desconocido [1-2].

En 2004 comenzaron las labores de restauración de la sección no arrancada en la restauración de los años 60 (quinto y sexto luneto) por parte del equipo del Instituto de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València (IRP-UPV). En 2009, en una ampliación posterior del proyecto, fueron tratados seis paneles adyacentes en la zona de frontera. Uno de los procesos de limpieza llevados a cabo en estos paneles fue la eliminación de los repintes oleoresinosos con el empleo de un *solvent gel* [3]. La restauración

de los otros dos tercios de la pintura que fue recolocada en paneles, sigue aguardando a la espera de obtener financiación para abordar su ejecución.

La finalidad de esta investigación es la búsqueda de sistemas de limpieza de reducida toxicidad y que no dejen residuos tras su uso. Por consiguiente, se ha buscado una alternativa eficaz al uso del *solvent gel* citado anteriormente [3]. Los *solvent gels* fueron diseñados para limpiar pinturas de caballete, donde ofrecen resultados óptimos al tratar eficazmente muchas de las patologías que estas obras presentan. El problema surge al emplear estos geles en materiales porosos que contengan humedad, como es el caso concreto de las pinturas murales. Puesto que al entrar el gel en contacto con la superficie húmeda, éste puede sufrir una rotura de sus enlaces y disgregarse, dejando libre los materiales constituyentes que quedarán en la red porosa como residuo [1]. Si bien es cierto que estas pinturas han perdido parte de ese carácter mural al ser arrancadas del muro y recolocadas en un nuevo soporte, el riesgo en la posible permanencia de residuos sigue siendo elevado.

Los sistemas sin tensoactivos son herramientas muy útiles y tremendamente versátiles, presentando una doble tecnología como agentes de limpieza, puesto que pueden albergar en su interior soluciones acuosas y disolventes orgánicos. El rango de acción es mayor y, por tanto, no es necesario utilizar disolventes tan tóxicos. Las sustancias a eliminar normalmente han sufrido un envejecimiento y, debido a éste, se vuelven algo más polares, de modo que las soluciones acuosas pasan a ser grandes aliados. Al mantener el agua controlada en el interior del gel particulado o de la emulsión sin tensoactivos se preservan las superficies sensibles a la misma.

Metodología y experimentación

En este estudio se muestra la eficacia de una emulsión sin tensoactivos para la eliminación tanto de los repintes que ocultan la gran cantidad de pintura original, como del barniz que impregna y da brillo a ciertas zonas de la superficie de los paneles de la bóveda de los Santos Juanes de Valencia.

Materiales

En la elaboración de la emulsión sin tensoactivos el Vanzan NF-C (CTS) se empleó como agente espesante al 2 % en agua destilada, mezclado en una proporción 2:1 con una solución acuosa tamponada a pH igual 8 (constituida por 0,5 % de ácido cítrico y 0,5 % de ácido bórico ajustado a pH igual 8 con hidróxido de sodio). Como disolventes se añadió alcohol bencílico (10 % w/w), limonene (10 % w/w) y acetona (10 % w/w).

La ciclometicona D5 se empleó saturando la superficie para rellenar los poros de la misma e impedir la penetración de la emulsión en la red porosa. Además fue utilizada como último aclarado tras la retirada del agente de limpieza.



Figura 1. Detalle del panel número 32 donde se realizaron las pruebas de limpieza con la emulsión sin tensioactivos. Rodeadas por formas de color azul se localizan las zonas donde se han realizado las pruebas.

Procedimiento experimental

En primer lugar, la pintura fue caracterizada químicamente mediante espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR). Se obtuvieron muestras tanto de los repintes como del barniz hallados sobre la superficie original. Las muestras se han extraído de la parte inferior del panel número 32 (Figura 1). Dicho panel fue elegido porque presentaba multitud de capas añadidas que pueden observarse claramente al ser iluminado con radiación UV (Figura 2). Por consiguiente, este hecho permitía realizar una mayor cantidad de pruebas y caracterizar de una forma más completa la obra.

Las pruebas expuestas en este estudio corresponden con las que afectan en mayor medida al personaje principal que ocupa el panel, de modo que se muestran los resultados de las muestras M1A y M1D (muestras del repinte del rostro antes y después de las pruebas de limpieza), M4A y M4D (muestras del barniz antes y de después de las pruebas de limpieza).

El equipo empleado para llevar a cabo los análisis mediante espectroscopia FTIR, fue el espectrómetro Vertex 70, Bruker Optics, que presenta un sistema de reflexión total atenuada (ATR) y un detector FR-DTGS (sulfato de triglicina deuterada) con recubrimiento para estabilizar la temperatura. El número de barridos acumulados fue de 32 y la resolución de 4 cm^{-1} [4].

Al someter la superficie a la acción de la radiación

ultravioleta, ésta responde mostrando varios colores claramente diferenciados:

- Fluorescencia amarilla-verdosa: corresponde con las zonas en las que hay presencia de estucos de cera de abejas. Esta sustancia está presente en la mejilla derecha del rostro del personaje, por debajo de un tono anaranjado y por encima del tono azulado. El informe analítico indica que el producto con fluorescencia amarillo-verdosa es un compuesto lipídico de tipo ceroso; en concreto se trataría de cera de abejas (Tabla 1, Figura 2).
- Fluorescencia anaranjada: se encuentra en el repinte de la mejilla derecha del personaje principal. Presenta una forma ovalada definida y se halla por encima del estuco de cera que rellena la laguna o faltante. Corresponde con un repinte que intenta imitar el color tonal de la piel del rostro. Esta sustancia ha sido analizada como parte de la muestra M1A (Tabla 1, Figura 2).
- Fluorescencia azulada-blanquecina: coincide con las zonas de aplicación de un barniz de resina terpénica, que podría corresponder con un barniz de resina damar (muestra M4A). Esta sustancia fue aplicada en gran parte del panel, concretamente cubriendo las tonalidades oscuras (Tabla 2, Figura 2).

La metodología seguida en todas las pruebas realizadas en los paneles in situ de la iglesia de los Santos Juanes



Figura 2. Detalle del rostro del personaje iluminado mediante radiación UV. En rojo se señala el área precisa donde se aprecia la superposición de las tres capas y puede apreciarse, la sustancia que produce la fluorescencia amarillo-verdosa y por encima la que produce una fluorescencia más anaranjada.

Tabla 1. Componentes mayoritarios y minoritarios presentes en las muestras M1A y M1D.

Muestra	Componentes mayoritarios	Componentes minoritarios
M1A	Lípidos (cera), yeso/litopón, tierras, resina terpénica	Calcita, oxalatos y jabones metálicos (carboxilatos)
M1D	Calcitas, tierras	Lípidos (cera), yeso, oxalatos de calcio

Tabla 2. Componentes mayoritarios y minoritarios presentes en las muestras M4A y M4D.

Muestra	Componentes mayoritarios	Componentes minoritarios
M4A	Resina terpénica	Calcita, silicatos/tierras, yeso
M4D	Calcita, tierras	Sustancia lipídica/resina, yeso, oxalatos de calcio

de Valencia seguía el protocolo de actuación elaborado tras las pruebas realizadas en las probetas y en los restos de los paneles ya tratados en la última restauración (la pintura original que contenían estos paneles se encuentra recolocada en la bóveda). El procedimiento metodológico empleado consistió en aplicar la cicloticona D5 para rellenar los poros de la superficie e impedir, de ese modo, la penetración de los sistemas de limpieza en el interior de los mismos y evitar así el posible depósito del material disuelto. Tras impregnar la superficie con D5, se deja actuar unos minutos para que pueda establecerse en la red porosa. Posteriormente, se aplica a pincel la emulsión, que se trabaja sobre la superficie. Esta acción mecánica sirve para abrir las bolsas de la goma xantana y permitir la incorporación de la sustancia a eliminar en el interior del sistema. Es importante señalar que cuando la emulsión queda saturada hay que retirar y volver a coger nueva, consiguiendo así una limpieza efectiva.

En las fotografías (Figuras 3 y 4), realizadas tras el testado del sistema, puede apreciarse la efectividad de la mezcla en la retirada del estrato del repinte que produce fluorescencia de color anaranjado y, además, el sistema también es efectivo en la retirada del barniz que fluoresce de color azulado. Por tanto, el éxito de este agente de limpieza en este caso resultó doble, puesto que puede ser empleado para retirar dos tipos de sustancias de esta superficie pictórica.

Probada la eficacia de la emulsión en la eliminación de los repintes y del barniz en las pruebas realizadas en la mejilla del personaje principal, se decidió acometer una prueba más amplia en una zona con la presencia de dicho barniz. En el área superior de la mano del personaje se realizó una prueba con dicho sistema, siguiendo la metodología establecida con anterioridad. Los resultados son evidentes al observar la obra con radiación UV (Figura 5), que confirma visualmente la retirada del estrato.



Figura 3. Detalle del rostro después de la primera prueba de limpieza. En rojo se señala la zona tratada (fotografía tomada el 19/07/2018).

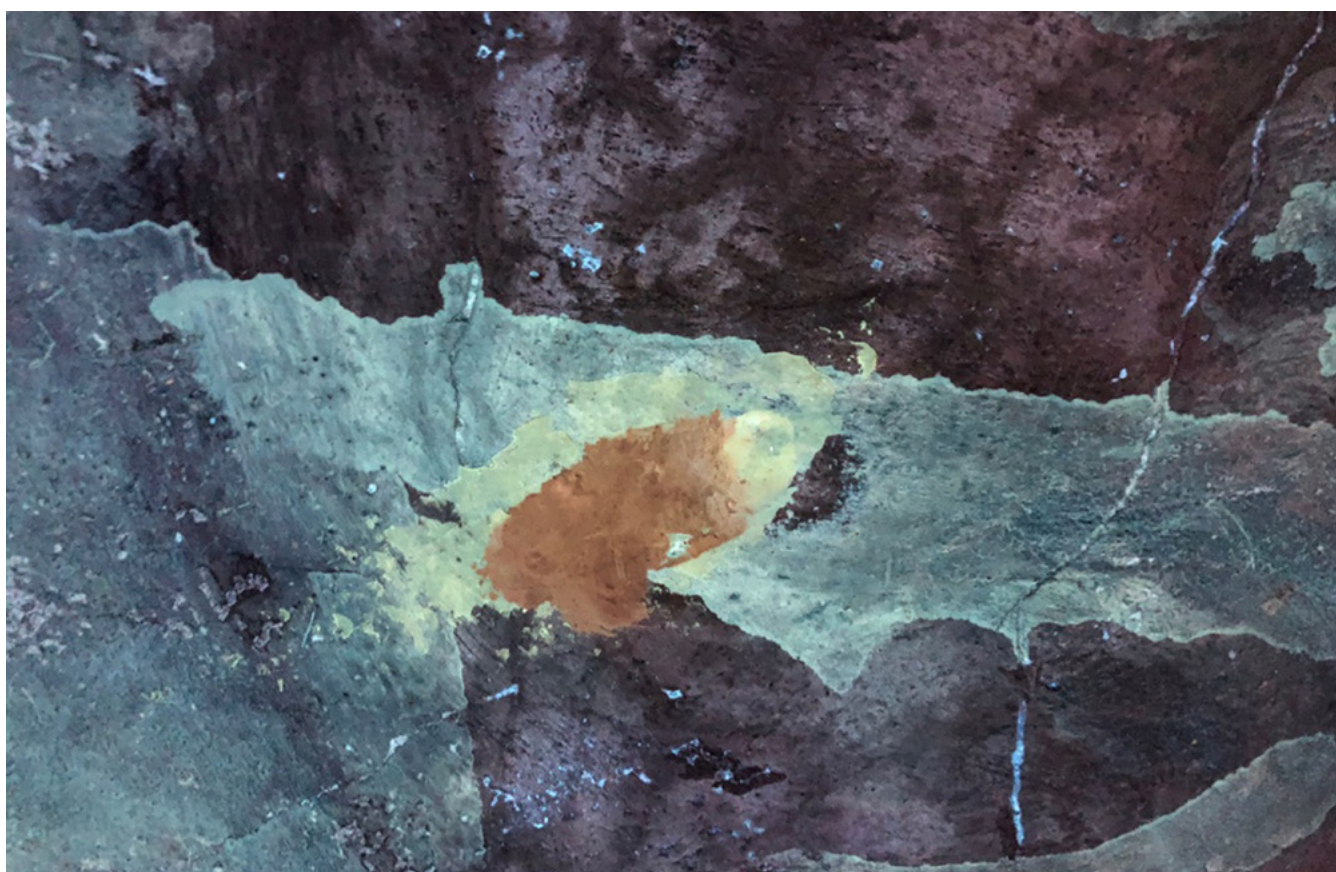


Figura 4. Detalle del rostro después de la prueba de limpieza con iluminación UV (fotografía tomada el 19/07/2018).



Figura 5. Detalle de la zona superior de la mano una vez realizada la prueba de limpieza e iluminada con luz UV (fotografía tomada el 19/07/2018).

Resultados y discusión

Las muestras M1A y M1D corresponden con el repinte y el estuco de cera situado en el rostro del personaje principal. La emulsión empleada, visualmente redujo significativamente tanto el repinte como el barniz de la zona. Este hecho se ve reflejado gráficamente, donde el espectro infrarrojo (espectro azul) y las bandas obtenidas reflejan que la presencia de estas sustancias se ha visto reducida drásticamente (Figura 6).

La caracterización química tras la limpieza revela que la fase mineral predominante pasa a ser la calcita y las tierras, componentes de la pintura original al fresco, mientras que de forma residual aparecen las sustancias que en la muestra M1A eran los componentes mayoritarios. La Tabla 1 evidencia la eficacia del agente de limpieza, así como la metodología aplicada, puesto que se ha conseguido una reducción en el contenido de materia orgánica de 96 % [4].

Las muestras M4A y M4D corresponden con las muestras de barniz de resina terpénica, posiblemente de tipo damar. La emulsión sin tensoactivos redujo visualmente de modo significativo la presencia de la capa de barniz, quedando confirmada dicha merma en el espectro infrarrojo obtenido (espectro de color verde. Figura 7).

La caracterización química tras la limpieza revela que la reducción de materia orgánica asociada al recubrimiento

protectivo ha resultado algo más moderada, ya que se ha obtenido una reducción de 62 %. Pero este hecho puede ser debido a que se decidió no eliminar por completo la capa del protector en la zona del testado para no influir en la futura limpieza de la zona afectada, puesto que se trata de un área castigada en la fase de limpieza de la restauración del siglo XX. Lo importante aquí es resaltar que el sistema de limpieza resulta eficaz en la eliminación del protector y que no se detectan residuos del proceso (Tabla 2).

Se realizó una prueba con un *solvent gel* de acetona y alcohol bencílico para observar las diferencias a la hora de trabajar la superficie y contrastar resultados. El gel elimina parte del repinte, sin embargo, la limpieza es muy lenta comparada con la emulsión sin tensoactivos y el resultado no es satisfactorio. Resultaba muy difícil retirar el gel de la superficie, teniendo que recurrir a múltiples aclarados debido a su tenacidad.

Conclusión

Los datos obtenidos en los análisis mediante espectroscopia FTIR revelan excelentes resultados, puesto que no se observa la presencia de ningún tipo de residuo de los sistemas de limpieza empleados [4]. Además, todas las pruebas realizadas posteriormente tras los testados, revelan una

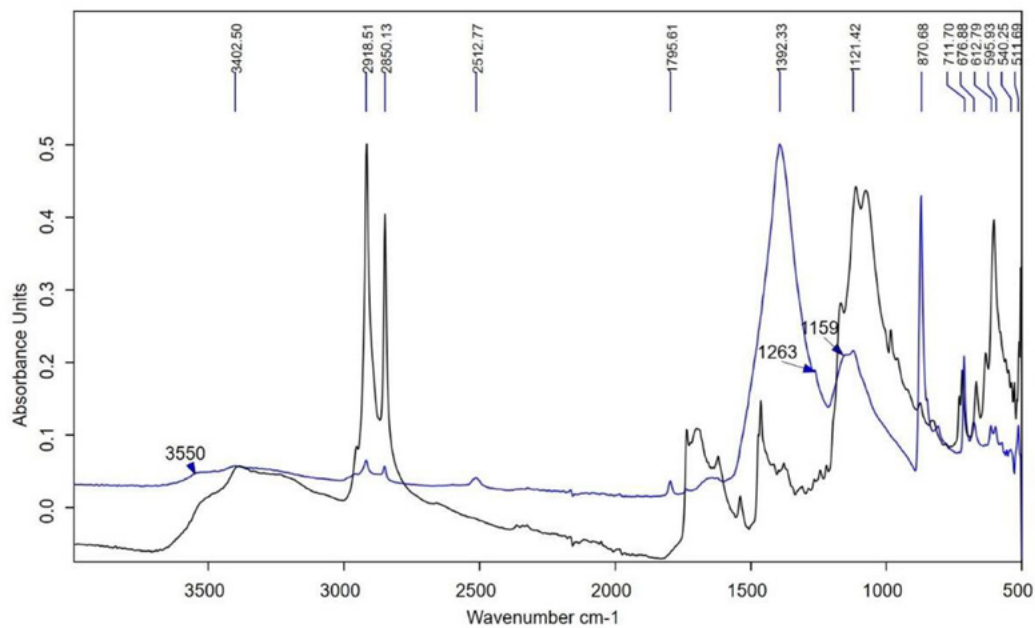


Figura 6. Espectro infrarrojo de las muestras M1A (negro) y M1D (azul).

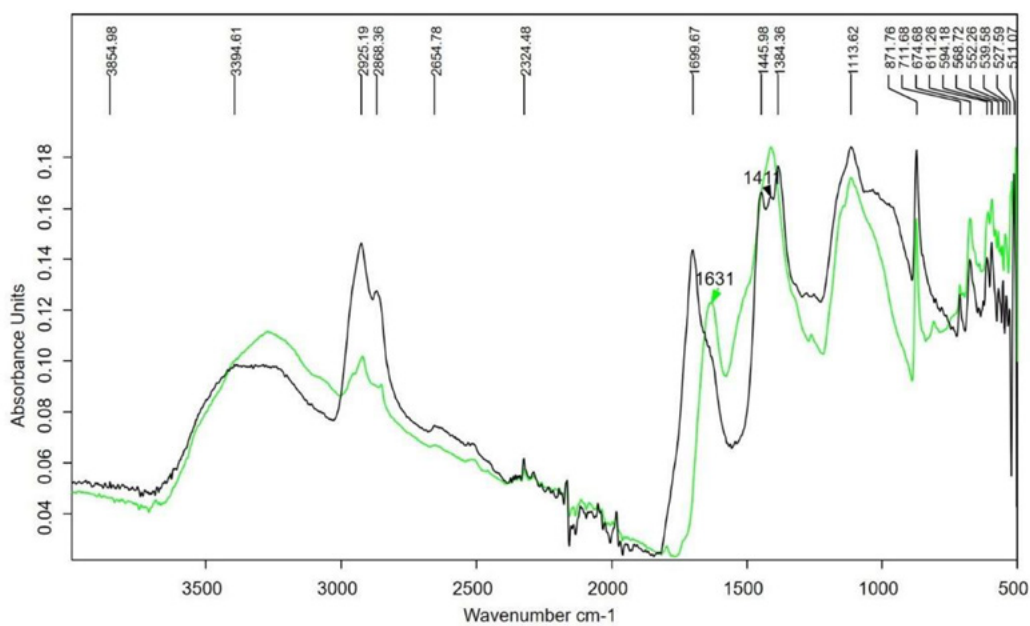


Figura 7. Espectro infrarrojo de las muestras M4A (negro) y M4D (verde).

reducción drástica en la presencia de compuestos orgánicos atribuidos a sustancias aplicadas en la restauración del siglo XX (Tablas 1 y 2, Figuras 6 y 7).

El elevado riesgo de permanencia de residuos a consecuencia del empleo del *solvent gel*, debido a sus características constitutivas y a la rugosidad de la superficie tratada, refuerzan la hipótesis planteada acerca del uso de sistemas de limpieza sin tensoactivos.

Los sistemas diseñados en esta investigación para la retirada de sustancias hidrofóbicas de superficies murales realizadas al fresco son agentes de limpieza elaborados y formulados específicamente para las pinturas murales de la bóveda de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia.

Todas las pruebas realizadas en las probetas y los paneles permitieron conseguir la combinación idónea de materiales capaces de eliminar este tipo de sustrato de dicha estructura pictórica. La versatilidad de las diferentes combinaciones y las múltiples posibilidades es lo que permite conseguir sistemas tremendamente adaptados a la problemática concreta y que, con reducida toxicidad, pueden resultar plenamente efectivos.

La búsqueda de productos eco-compatibles y no tóxicos debería ser una prioridad en el ámbito de la conservación y restauración de Bienes Culturales. Las múltiples modificaciones que se pueden realizar a los sistemas acuosos permiten retirar casi la totalidad de las sustancias

de una superficie pictórica sin necesidad de recurrir a tratamientos potencialmente tóxicos o agresivos. Las recetas dadas no deben tomarse como algo restrictivo, sino servir de guía para crear y encontrar en cada momento el agente de limpieza ideal según el material a eliminar y el sustrato original a preservar.

RECIBIDO: 2018.11.9

REVISTO: 2019.2.18

ACEPTADO: 2019.3.9

ONLINE: 2019.3.18



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

Para ver una copia de esta licencia, visite

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

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer profundamente a la Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana por la concesión a Paula Pérez Benito de las Ayudas para la contratación de personal investigador de carácter predoctoral (DOCV núm. 7738, de 10.03.2016). Cofinanciadas por el Fondo Social Europeo (FSE) de acuerdo con el Programa Operativo de FSE 2014-2020 de la Comunitat Valenciana. Período de concesión de la ayuda 01/07/2016 hasta el 31/01/2019. Así como la concesión de la ayuda: Subvenciones para estancias de contratos predoctorales en centros de investigación fuera de la Comunidad Valenciana, Cofinanciadas por el Fondo Social Europeo (FSE) de acuerdo con el Programa Operativo de FSE 2014-2020 de la Comunitat Valenciana. (Período de disfrute 01/09/2017 al 01/12/2017). Quieren agradecer enormemente a la Universitat Politècnica de València la concesión a Paula Pérez Benito de la ayuda vinculada a los contratos pre-doctorales del Programa para la Formación de Personal Investigador (FPI) de la Universitat Politècnica de València – Subprograma 1. Convocatoria 2015 (Período de disfrute 01/02/2016 al 30/06/2016). Ambas ayudas permitieron y están permitiendo el desarrollo de la tesis doctoral, obteniendo resultados como el presentado en esta publicación. Por último, quieren agradecer la ayuda e interés continuo de Richard Wolbers y Joyce Hill Stoner durante la estancia predoctoral en el Museo Winterthur de Delaware, Estados Unidos.

REFERENCIAS

1. Roig, P.; Bosch Reig, I., *La Iglesia de Los Santos Juanes de Valencia: Proceso de Intervención Pictórica 1936-1990*, Universidad Politècnica de Valencia, Valencia (1990).
2. Roig, P.; Nebot, E., *Restauración de Pintura Mural: Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*, Universidad Politècnica de Valencia, Valencia (2007).
3. Regidor, J. L., 'Puesta en práctica de soluciones propuestas para las pinturas arracadas de Palomino en la Iglesia de Los Santos Juanes de Valencia', in *XVIII Congreso Internacional Conservación y Restauración de Bienes Culturales*, ed. A. M. López Montes, F. Collado Montero, V. Medina Flórez, T. Espejo Arias & A. García Bueno, Universidad de Granada, Granada (2011) 524-527.
4. Osete Cortina, L.; Doménech Carbó M. T., 'Informe analítico I-18-16', informe no publicado, Instituto de Restauración del Patrimonio, Valencia (2018).

Identificação do tipo de tinta, acrílica ou vinílica, em obras de dois pintores contemporâneos, Manuel Vilarinho e Pedro Cabrita Reis, por ATR-FTIR

Identification of the type of paint, acrylic or vinyl, in works of two contemporary painters, Manuel Vilarinho and Pedro Cabrita Reis, by ATR-FTIR

MARIA EDUARDA
ARAÚJO^{1*}
OLEKSANDER
PAVLYSHYN¹
ALICE NOGUEIRA ALVES²

1. Universidade de Lisboa,
Faculdade de Ciências,
Departamento de Química e
Bioquímica e Centro de Química
e Bioquímica, Campo Grande,
1749-016 Lisboa, Portugal.
2. Universidade de Lisboa,
Faculdade de Belas-Artes, Centro
de Investigação e Estudos em
Belas-Artes (CIEBA), Largo da
Academia Nacional de Belas-Artes,
1249-058 Lisboa, Portugal.
* mearaujo@fc.ul.pt

Resumo

Muitos são os artistas contemporâneos que não têm registos precisos dos materiais utilizados no início da sua produção plástica. Mesmo recorrendo à memória, se a obra em estudo tiver sido executada durante uma fase de formação, é frequente o autor lembrar-se que utilizou materiais sintéticos, mas já não saber o seu tipo específico.

Nas últimas décadas do século XX, as tintas de base vinílica *Sabu* foram populares entre os alunos de Belas-Artes, servindo como substitutas das tintas acrílicas devido ao seu preço acessível e por serem visualmente muito semelhantes.

Usando a técnica espectroscópica de ATR-FTIR, foi possível em dois casos de estudo pertencentes ao acervo de pintura da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, uma obra de Manuel Vilarinho e outra de Pedro Cabrita Reis, distinguir inequivocamente estas tintas. As amostras retiradas do primeiro caso apresentam os picos característicos das tintas acrílicas e, as do outro, os picos das tintas *Sabu*.

Abstract

Many times, records of the materials used by contemporary artists in their first works are scarce. If the work under study has been carried out during the artist youth, sometimes artists just remember to have used synthetic materials but no longer have memory of its specific type.

In the last decades of the 20th century, vinyl-based synthetic paints marketed as *Sabu* paints, were sold at affordable prices making them popular among the students of Fine Arts as substitutes of more expensive acrylic paints.

Using the ATR-FTIR spectroscopic technique it was possible to unequivocally distinguish acrylic from vinyl paints in two early works from Manuel Vilarinho and Pedro Cabrita Reis, both belonging to the collection of the Faculdade de Belas-Artes of Universidade de Lisboa. Samples from the first case painting presented the characteristic peaks of acrylic paints and those collected from the other painting presented the characteristic peaks of *Sabu* paints.

PALAVRAS-CHAVE

Pintura contemporânea
Tinta acrílica
Tinta vinílica
ATR-FTIR
Acervo de pintura

KEYWORDS

Contemporary painting
Acrylic painting
Vinyl painting
ATR-FTIR
Painting collection

Introdução

A Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa (FBAUL) é detentora de um vasto acervo artístico, em que se encontra representada a evolução histórica do ensino artístico em Portugal. Sucessora de várias instituições que marcaram os últimos séculos, detém obras de alunos e professores que por ali passaram, bem como modelos para a aprendizagem, seguindo ainda as práticas seculares da formação artística [1].

Por entre os seus acervos, constituídos pelos mais variados materiais e técnicas, o de pintura tem um grande destaque neste conjunto, não só devido à sua dimensão, mas, também, pela importância dos nomes ali representados, alguns dos quais referentes a pessoas que se tornaram artistas muito importantes no meio nacional e internacional [2-3], como é o caso de Manuel Vilarinho (n. 1953) e de Pedro Cabrita Reis (n. 1956), os dois autores referidos neste artigo. Estes dois artistas, formados em Artes Plásticas – Pintura, pela Escola Superior de Belas-Artes nos anos 1980 –, expõem regularmente desde essa época e têm obras em várias coleções nacionais e estrangeiras. Manuel Vilarinho tem trabalhado mais a pintura e o desenho [4] e Pedro Cabrita Reis, apesar de ter começado a sua carreira principalmente na pintura, nos anos 1990 começou a dedicar-se à escultura e à instalação, áreas em que se consagrou nacional e internacionalmente [3].

O acervo da FBAUL, como acontece geralmente com as coleções de pintura contemporânea, apresenta muitas dificuldades relativamente à caracterização e preservação dos seus elementos, devido ao facto dos métodos e materiais utilizados nem sempre serem facilmente identificados num simples exame visual. A fase de formação artística que aqui se encontra representada, por natureza experimental, e a frequente falta de registo dificultam ainda mais esta tarefa. Por essas razões, para alcançarmos o pleno conhecimento desta coleção, torna-se necessário o apoio interdisciplinar de várias áreas, entre as quais se destaca, obviamente, a química, tal como tem acontecido noutras situações similares.

Esta ligação é favorecida devido à colaboração que se tem desenvolvido entre a FBAUL e a Faculdade de Ciências (FCUL), duas unidades da Universidade de Lisboa. Com este enquadramento, têm surgido projetos interdisciplinares que visam criar sinergias e contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de análise que permitam uma identificação material e um diagnóstico mais acurado dos materiais utilizados nos bens culturais e na caracterização do seu estado de conservação.

Neste contexto, tem vindo a ser desenvolvido um projecto para a identificação de tintas acrílicas e de outros materiais sintéticos utilizados pelos artistas, quando jovens alunos da FBAUL. Numa nova fase desta investigação, para se alcançar o conhecimento dos materiais sintéticos utilizados pelos jovens alunos da FBAUL, definiu-se como objectivo principal

a identificação do tipo de tinta usada pelos dois pintores referidos através de um método simples, que produzisse resultados inequívocos na identificação dos materiais presentes nas obras.

Este objectivo foi alcançado através da contribuição, que agora se apresenta, resultante de um trabalho desenvolvido na FCUL, sob o título “Identificação do tipo de tinta, acrílica ou vinílica, em obras de arte contemporânea”, para o qual foram seleccionadas duas pinturas do acervo da FBAUL produzidas na primeira metade da década de 1980. De Manuel Vilarinho foi escolhida a obra *Sem título* (Figura 1), uma pintura em acrílico sobre tela, datada de 1983, e de Pedro Cabrita Reis uma obra igualmente *Sem título* (Figura 2) que foi descrita pelo autor como uma pintura em tinta sintética sobre latex, também de 1983.

Para se concretizar este trabalho, estabeleceu-se uma parceria entre docentes das duas instituições, definindo-se um conjunto de etapas que se iniciaram por uma investigação do tipo de materiais sintéticos disponíveis no mercado à data da execução das obras, bem como dos mais usados pelos artistas em estudo. Em seguida, com o objetivo de se encontrarem amostras padrão que permitissem comparar os resultados obtidos nos exames realizados nas peças, obtiveram-se exemplares de tintas acrílicas e vinílicas de gama escolar e de gama profissional. Foram traçados os espectros de ATR-FTIR das várias tintas e identificados os picos característicos de cada material. Posteriormente, estes



Figura 1. Manuel Vilarinho, *Sem título*, 1983, acrílico sobre tela, 150 x 130 cm (fotografia de Leonor Fonseca/FBAUL). Os sítios assinalados (B1-B3) referem-se a locais amostrados para análise.



Figura 2. Pedro Cabrita Reis, *Sem título*, 1983, tinta vinílica sobre platex, 170 x 275 cm, (Fotografia de Leonor Fonseca/FBAUL). Os sítios assinalados (A1-A4) referem-se a locais amostrados para análise.

dados foram comparados com os das amostras retiradas das obras em estudo, analisadas nas mesmas condições. Na continuação deste artigo, apresentamos a metodologia, os resultados e as conclusões retiradas deste projecto, que consideramos ter sido concluído com sucesso.

As tintas sintéticas

De uma maneira geral, uma tinta sintética pode ser descrita como uma mistura homogénea complexa estável, constituída por uma parte sólida, que forma a película aderente à superfície a ser pintada, e por um componente volátil, que pode ser água ou um solvente orgânico. A parte sólida, para além de conter o pigmento responsável pela cor, contém dispersa uma resina com o objetivo de fixar o pigmento. Para além destes dois componentes maioritários, ainda existem pequenas percentagens de outras substâncias, os aditivos, que são responsáveis pela obtenção de determinadas propriedades físicas, químicas e mecânicas, extremamente importantes para a aplicação, a adesão ao substrato e a longevidade da camada pictórica. Na fase inicial de evaporação do solvente das tintas de base aquosa, verifica-se a coalescência das partículas do polímero que se encontram em suspensão. Mais tarde, quando o solvente se evapora todo, dá-se a formação de um filme sólido e contínuo que fixa as partículas do pigmento.

O aparecimento e desenvolvimento deste tipo de

materiais ocorreu durante o século XX, tendo então sido desenvolvidas várias resinas sintéticas, que foram inicialmente usadas como ligante em tintas destinadas aos mercados domésticos e/ou industriais. Posteriormente, estes materiais foram aperfeiçoados para serem utilizados em produtos destinados especificamente à produção artística.

De uma maneira geral, estas tintas de base sintética podem ser incluídas numa das seguintes quatro classes principais, que variam consoante a resina usada: acrílica, alquídica, poli(acetato de vinilo) e nitrocelulose [5].

Nas tintas acrílicas disponíveis comercialmente o material polimérico é, em geral, constituído por um copolímero de acrilato de etilo-metacrilato de metilo (Figura 3), podendo estes monómeros estar presentes em diferentes proporções. Em alguns casos, encontra-se ainda presente um terceiro monómero, o acrilato de n-butilo [6].

Numa tinta vinílica, o ligante é constituído pelo polímero poli(acetato de vinilo) (Figura 4), que foi muito popular entre alguns artistas portugueses que chegaram a fazer as suas próprias tintas [7]. No entanto, a utilização deste ligante

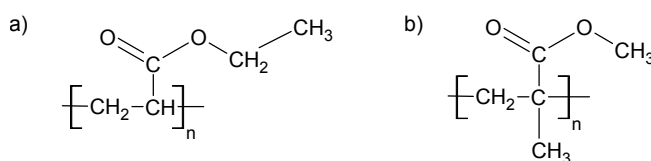


Figura 3. Representação da estrutura química geral dos polímeros base das tintas acrílicas: a) poliacrilato de etilo; b) poli(metacrilato de metilo).

pode levantar problemas a longo prazo por ser susceptível à fotodegradação causada pela radiação ultravioleta, que provoca a quebra da cadeia polimérica e a libertação de componentes voláteis como o ácido acético, o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e o metano [8].

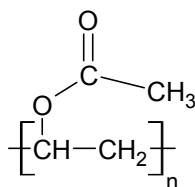


Figura 4. Representação da estrutura química do polímero base das tintas vinílicas *Sabu*: poli(acetato de vinilo).

Materiais e Métodos

Amostras de tintas acrílicas

Como referência para as tintas acrílicas utilizou-se um conjunto de seis amostras preparadas em 2014, no âmbito do processo de identificação e caracterização de tintas acrílicas referido anteriormente. As placas de vidro, sobre as quais se encontravam depositadas as amostras, foram guardadas no laboratório durante os últimos quatro anos em condições não controladas de luz, temperatura e humidade relativa. Três das amostras eram da marca *Winsor & Newton*, gama semiprofissional, *Galeria Acrylic*: azul de cobalto (n.º 179), amarelo de cádmio (n.º 120) e magenta (n.º 488). As outras três amostras eram tintas da marca *Liquitex*, *Professional ACRYLIC artist color*: azul de cobalto (n.º 179), amarelo de cádmio (n.º 160) e magenta (n.º 500). Retiraram-se cerca de 3 mg de cada uma destas tintas que se dissolveram em 3 ml de diclorometano.

Amostras de tintas vinílicas da marca *Sabu*

Como referência para as tintas vinílicas *Sabu*, utilizou-se um conjunto de cinco amostras com as seguintes cores: preto (n.º 20, óxido de ferro sintético e negro de fumo), branco (n.º 19, branco de titânio), azul ultramarino (n.º 5, sulfito de sódio, alumínio silicato, óxido de ferro sintético, ftalocianina), azul de cobalto (n.º 6, azul turquesa, dióxido de titânio, ftalocianina), ocre (n.º 3, óxido de ferro natural), compradas entre 2000 e 2002 por uma das autoras.

Como amostra padrão de uma resina vinílica, recorreu-se a cola vinílica branca da marca *Giotto* para uso escolar, adquirida recentemente. Em todos os casos, retiraram-se cerca de 3 mg aos quais foram adicionados 3 ml de diclorometano.

Amostras de tintas retiradas das obras em análise

Da obra *Sem título* de Manuel Vilarinho foram retiradas três amostras de aproximadamente 1-2 mm²: B1 (azul), B2 (amarelo) e B3 (vermelho), conforme indicado na Figura 1. Da obra *Sem título* de Pedro Cabrita Reis foram recolhidas quatro

amostras com aproximadamente 1-2 mm²: A1 (laranja), A2 (azul), A3 (amarelo) e A4 (várias tintas das zonas limítrofes), conforme assinalado na Figura 2. A cada amostra foi ainda adicionado 1 ml de diclorometano, deixando-se depositar o material insolúvel e aplicando-se o sobrenadante conforme se indica a seguir.

ATR-FTIR

Como método de análise, utilizou-se um espectrómetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) Nicolet 6700, equipado com um detector de DTGS e um acessório de ATR, *Smart Multi-Bounce Horizontal Attenuated Total Reflectance*, com cristal de ZnSe. A aquisição de espectros foi efectuada no infravermelho médio, entre 4000 e 700 cm⁻¹, com a acumulação de 128 varrimentos e uma resolução de 4 cm⁻¹.

Para minimizar a interferência no espectro de ATR-FTIR de outros componentes, analisou-se apenas o material, a resina sintética, solúvel em diclorometano, pelo que foram depositadas alíquotas com 10-20 µl de solução de cada amostra sobre o cristal de ZnSe, evaporadas à secura sob corrente de azoto, sendo o filme assim formado analisado por ATR-FTIR.

Os espectros foram traçados em modo de reflectância, em unidades Kubelka-Munk, e convertidos matematicamente e informaticamente em absorvância através do *software* Omnic 8.1.

Resultados e discussão

Análise dos espectros de ATR-FTIR de tintas acrílicas

Como referimos anteriormente, neste estudo foram obtidos espectros de seis amostras de tintas acrílicas de duas marcas e categorias diferentes, *Liquitex* gama profissional (*Professional ACRYLIC artist color*) e *Winsor & Newton* gama semiprofissional (*Galeria Acrylic*). Em ambos os casos, foram analisadas amostras de azul de cobalto, amarelo de cádmio e magenta. As amostras foram solubilizadas em diclorometano tendo-se analisado o espectro de ATR-FTIR deste extrato.

Na Tabela 1 são apresentados os valores das bandas principais retirados dos espectros destas seis amostras. Da análise desta tabela pode concluir-se que o espectro de ATR-FTIR de todas as tintas acrílicas apresenta duas bandas muito intensas – a primeira no intervalo 1727-1730 cm⁻¹ e a segunda no intervalo 1135-1145 cm⁻¹ – correspondendo, respectivamente, às bandas de elongação do grupo carbonilo (νC=O) e da ligação carbono-oxigénio da função éster metílico ou etílico (νC-O-C) do polímero acrílico [9]. Na Figura 5 apresenta-se a sobreposição dos espectros de ATR-FTIR do azul ultramarino da *Liquitex* e da *Winsor & Newton* (N&W), em que é patente a presença das duas bandas referidas nos dois tipos de tinta, o profissional e o semiprofissional.

Identificação do tipo de tinta, acrílica ou vinílica, em obras de dois pintores contemporâneos

Tabela 1. Valores de comprimento de onda (cm^{-1}) e intensidade das principais bandas presentes nos espectros de ATR-FTIR das tintas acrílicas e *Sabu*.

Amarelo de cádmio		Azul de cobalto		Magenta		Sabu	Atribuição
Liquitex	W&N	Liquitex	W&N	Liquitex	W&N		[8-12]
2952,8 m 2875,3 w	2954,5 m 2881,1 w	2954,9 m 2873,1 w	2954,5 m 2873,2 w	2953,5 m 2873,9 w	2954,5 m 2873,1 w	2931 w 2861 w	Cadeia alquílica: estiramento de CH_3 e de CH_2
1728,1 s	1730,4 s	1727,5 s	1728,2 s	1727,2 s	1727,9 s	1734 s	C=O do polímero
1666,8 w	1673,5 w						Aditivo
1359,6 s	1357,0 s						Aditivo
1450,5 m	1457,9 m	1449,0 m	1455,1 m	1449,9 m	1457,1 m	1433-1436 m	Deformação assimétrica de C-H (CH_3)
1375,5 w	-	1373,1 w	1380,1 w	1375,1 w	138,6 w	1373-1371 m	Deformação simétrica de C-H (CH_3)
1343		1343,2 w		1342,5 w			Componente da <i>Liquitex</i>
1139,4 s	1168,7 s 1135,6 s	1145,2 s	1164,1 s 1140,6 s	1143,1 s	1164,1 s 1143 s	1238-1235 s	Estiramento do grupo éster: C-O-C
1035,6 w	1045,3 w	1037,5 w	-	1043,3 w	-	1023-1022 m	Estiramento de O-C ("parte álcool")
		994,2 w	996,9 w				Aditivo
962,3 w		962,6 w		962,9 m			Componente da <i>Liquitex</i>
949,0 m	952,3 w						Aditivo
						941-944 w	Estiramento de C-C

Intensidade das bandas: m - média; s - forte; w - fraca

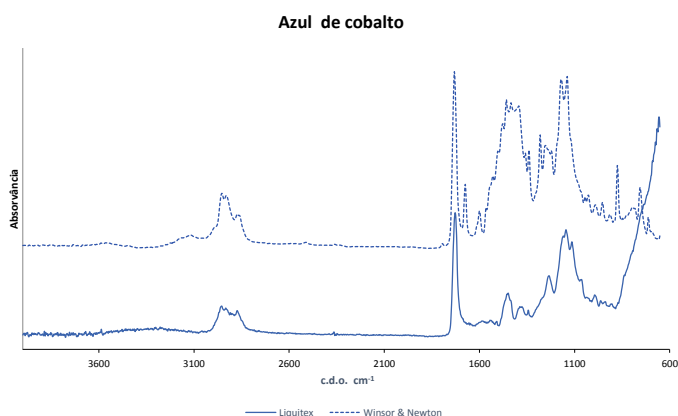


Figura 5. Sobreposição dos espectros de ATR-FTIR das tintas acrílicas azul de cobalto.

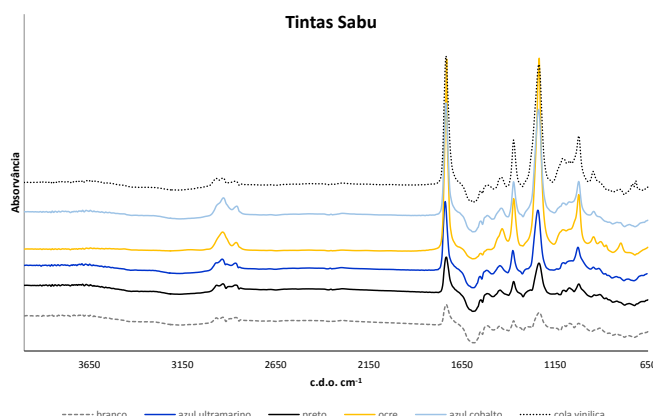


Figura 6. Sobreposição dos espectros de ATR-FTIR das várias tintas vinílicas Sabu e da cola vinílica.

Análise dos espectros de ATR-FTIR das tintas Sabu

Na Figura 6 são apresentados os espectros das cinco amostras de tintas Sabu, juntamente com o da cola vinílica, estando os valores das bandas principais das tintas Sabu indicados na Tabela 1. É interessante referir que os espectros das várias tintas são praticamente idênticos entre si e ao da cola vinílica, possivelmente por terem origem numa pequena empresa que usaria este tipo de cola no fabrico da tinta. Da análise dos diferentes espectros pode concluir-se que o espectro de ATR-FTIR de todas as tintas Sabu apresenta, à semelhança das tintas acrílicas, duas bandas muito intensas. No entanto, os valores de comprimento de onda são diferentes, a primeira a 1736 cm^{-1} e a segunda a 1234 cm^{-1} correspondentes, respetivamente, ao grupo carbonilo ($\nu\text{C}=\text{O}$) do acetato e à ligação C-O-C da função éster

alquílica ($\nu\text{C}-\text{O}-\text{C}$) do polímero [9]. Para além destas bandas principais, existem outras bandas menos intensas a 1373 cm^{-1} , correspondentes à deformação do grupo metilo (νCH_3) e a 1022 cm^{-1} correspondente à elongação da ligação simples O-C do grupo éster ($\nu\text{O}-\text{CH}$). As tintas Sabu foram objecto de interesse por outros autores portugueses que as estudaram intensivamente, referindo-se apenas alguns trabalhos sem o objetivo de se ser exaustivo [7, 10-13]. Os valores de bandas, na região do infravermelho, aqui referidos são semelhantes aos apresentados por estes autores.

Análise dos espectros de ATR-FTIR de tintas existentes na obra de Manuel Vilarinho

Neste estudo foram obtidos espectros de três amostras de aproximadamente $1-2 \text{ mm}^2$, B1 (azul), B2 (amarelo) e B3

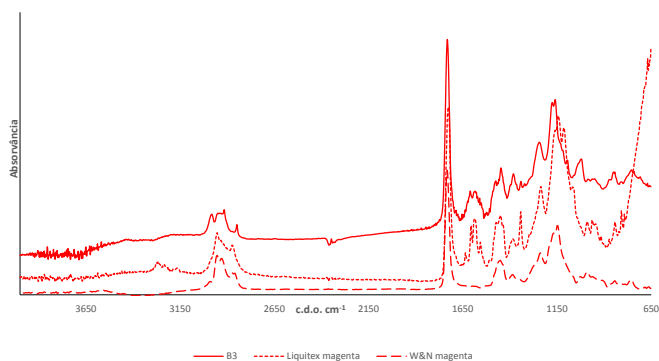


Figura 7. Sobreposição dos espectros de ATR-FTIR da amostra B3 com as tintas acrílicas magenta da *Liquitex* e *Winsor & Newton*.

(vermelho), conforme indicado na Figura 1. Todos os espectros apresentavam duas bandas intensas, uma a 1731-1733 cm^{-1} e outra, igualmente forte, a cerca de 1150 cm^{-1} . Embora estes valores estejam um pouco deslocados para maiores comprimentos de onda, o traçado do espectro das amostras recolhidas é muito semelhante ao das tintas acrílicas de referência, como se pode ver pela sobreposição dos espectros da amostra B3 e das tintas magenta da *Liquitex* e *Winsor & Newton*, na Figura 7, pelo que se pode concluir que Manuel Vilarinho utilizou tintas acrílicas na realização desta obra.

Análise dos espectros de ATR-FTIR de tintas existentes na obra de Pedro Cabrita Reis

Neste estudo foram obtidos espectros de quatro amostras de aproximadamente 1-2 mm^2 , A1 (laranja), A2 (azul), A3 (amarelo), A4 (várias tintas das zonas limítrofes), conforme indicado na Figura 2. Foram traçados os espectros de todas as amostras, mas apenas foram consideradas as amostras A1, A2 e A4, porque a dimensão da amostra A3, inferior a 1 mm^2 , estava abaixo do limite de detecção do equipamento. Todos os espectros apresentavam duas bandas intensas, uma a 1736 cm^{-1} e outra a 1234 cm^{-1} . Para além destas bandas principais, existia outra banda com uma intensidade um pouco inferior, a 1024 cm^{-1} . A sobreposição dos espectros da amostra A2 (azul) com os espectros das tintas Sabu azul ultramarino e azul cobalto, conforme se apresenta na Figura 8, indica que todas as amostras retiradas desta pintura correspondem a tintas Sabu, esclarecendo deste modo as incongruências assinaladas por Marques, em 2016 [3].

Conclusões

A análise por ATR-FTIR do extrato de diclorometano das amostras de tintas acrílicas de duas gamas e fabricantes diferentes, que envelheceram naturalmente durante quatro anos, e das tintas *Sabu*, com aproximadamente vinte anos, permitiu a identificação da correspondente resina e confirmar que as tintas à base de uma resina acrílica apresentam um espectro de infravermelho diferente do das

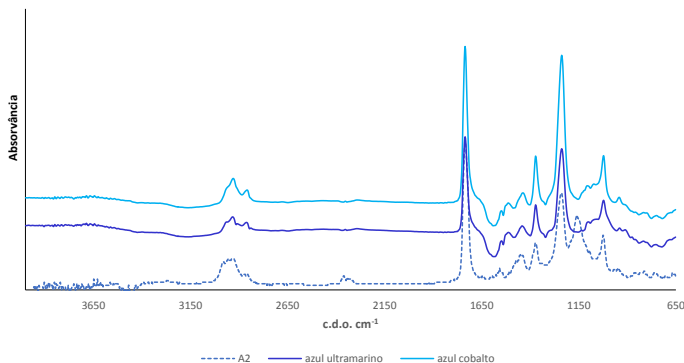


Figura 8. Sobreposição dos espectros de ATR-FTIR da amostra A2 com as tintas Sabu azul ultramarino e azul cobalto.

tintas à base de resina vinílica, no que se refere à posição da banda de alongação do grupo carbonilo e à zona de impressão digital (1500-500 cm^{-1}).

Esta técnica possibilitou a identificação inequívoca do tipo de tinta utilizado em duas obras escolares realizadas em 1983, por dois pintores contemporâneos: Manuel Vilarinho e Pedro Cabrita Reis. Apesar da dimensão da amostra estar quase no limite de detecção do equipamento, a identificação foi inequívoca, pelo que a técnica de ATR-FTIR foi uma ferramenta eficaz para se distinguir uma resina acrílica de uma vinílica.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Virgínia Glória Nascimento o apoio no processo de seleção e recolha de amostras. Maria Eduarda Araújo agradece o financiamento concedido pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do programa UID/MULTI/00612/2013.

REFERÊNCIAS

1. Alves, A. N.; Arruda, L.; Fragoso, D., 'O Convento de São Francisco da Cidade de Lisboa – Uma casa de coleções', in *Dinâmicas do Património Artístico, circulação, transformações e diálogos*, ed. C. Moura Soares and V. Mariz, ARTIS PRESS, Lisboa (2018) 215-223, <http://artispress.letras.ulisboa.pt/index.php/artispress/catalog/book/4> (acesso em 2018-11-28).
2. Alves, A. N.; Franco, L. L., 'A coleção de pintura da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa', in *Adriano de Sousa Lopes – Conservação e restauro das obras académicas pertencentes ao espólio da FBAUL, CIEBA-FBAUL*, Lisboa (2018) 15-18, <http://hdl.handle.net/10451/33878>.
3. Marques, M. D. M., 'O que tem vida sobrevive – Estudo para conservação e restauro de obras em têmpera vinílica sobre platex: Uma pintura de Pedro Cabrita Reis das coleções da FBAUL', Dissertação de Mestrado em Ciências da Conservação Restaurom e Produção de Arte Contemporânea, Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, Lisboa (2016), <http://hdl.handle.net/10451/28025>.
4. Manuel Vilarinho, página pessoal, <http://www.manuelvilarinho.com/index.htm> (acesso em 2019-4-9).
5. Learner, T., 'A review of synthetic binding media in twentieth

- century paints', *The Conservator* **24**(1) (2000) 96-103, <https://doi.org/10.1080/01410096.2000.9995156>.
6. Chiantore, O.; Scaroni, D.; Learner, T., 'Characterization of artists' acrylic emulsion paints', *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* **8**(1) (2003) 67-82, <https://doi.org/10.1080/10236660304884>.
 7. Ferreira, J. L.; Ávila, M. J.; Melo, M. J.; Ramos, A. R., 'Early aqueous dispersion paints: Portuguese artists' use of polyvinyl acetate, 1960s-1990s', *Studies in Conservation* **58**(3) (2013) 211-225, <https://doi.org/10.1179/2047058412Y.0000000065>.
 8. Wei, S., Pintus, V., Schreiner, M., 'Photochemical degradation study of polyvinyl acetate paints used in artworks by Py-GC/MS', *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **97**(5) (2012) 158-163, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237012000964> (acesso em 2018-12-7).
 9. Badertscher, M.; Bühlmann, P.; Pretsch, E., *Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2000).
 10. Ferreira, J. L.; Melo, M. J.; Ramos, A. M.; Ávila, M. J., 'Eternity is in love with the productions of time: Joaquim Rodrigo's classical palette in a vinyl synthetic medium', in *Modern Paints Uncovered*, Proceedings from the Modern Paints Uncovered Symposium, ed. T. J. S. Learner, P. Smithen, J. W. Krueger, M. R. Schilling, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2006) 43-52, http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/books/modern_paints_uncovered.html (acesso em 2018-12-4).
 11. Ferreira, J. L.; Melo, M. J.; Ramos, A. M., 'Sabu colours: vinyl artists' paints from the 1960s', in *The Artist's Process. Technology and Interpretation*, ed. S. Eyb-Green, J. H. Townsend, M. Clarke, J. Nadolny, S. Kroustallis, Archetype Publications, London (2012) 207.
 12. Ferreira, J. L., 'Liaisons dangereuses, conservation of modern and contemporary art: a study of the synthetic binding media in Portugal', Tese de Doutoramento em Conservação e Restauro, especialidade de Ciências da Conservação, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2011), <https://run.unl.pt/handle/10362/5342>.
 13. Pereira, A., I., M., L., 'The perfect paint in modern art conservation: a comparative study of 21st century vinyl emulsions', Tese de Doutoramento em Ciências da Conservação, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2015), <http://hdl.handle.net/10362/16840>.

RECEBIDO: 2018.12.8

REVISTO: 2018.6.18

ACEITE: 2019.6.24

ONLINE: 2020.4.14



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>.

Reflexão crítica sobre a implementação de planos de conservação preventiva em contexto institucional

LUÍS FILIPE RAPOSO
PEREIRA^{1, 2*}

1. Água de Cal Conservação e Restauro, Rua Sofia Carvalho n.º 24 r/c, 1495-121 Algés.
2. Techn&Art – IPT, Av. Dr. Aurélio Ribeiro 2300-313 Tomar.
* luispereir@gmail.com

Critical reflection on the implementation of preventive conservation plans in institutions

Resumo

No último quarto do século passado, e durante o início do século XXI, foram vários os documentos produzidos no âmbito da conservação preventiva por parte de entidades relacionadas com a salvaguarda de bens culturais. São também vários os exemplos de legislação nacional na área do património, onde surgem orientações sobre conservação preventiva – a Lei-Quadro dos Museus n.º 47/2004, Despacho Normativo n.º 3/2006 (Credenciação de Museus) e o Decreto-Lei n.º 16/93, que define a Política Nacional de Arquivos.

Partindo de uma experiência acumulada de 13 anos na área, mais concretamente de um conjunto de planos de Conservação Preventiva realizados nos últimos oito anos, o autor do artigo propõe-se reflectir sobre aplicação prática dos mesmos. Ao longo do artigo apresentam-se os resultados de um inquérito, onde se reflecte sobre a aplicação dos planos nos modelos de gestão das instituições, aplicabilidade, bem como sobre o cumprimento dos pressupostos estabelecidos na legislação.

Abstract

Texto do resumo em inglês. In the last quarter of the past century and at the beginning of 21st century, several documents were produced by institutions in the preservation of heritage area, concerning preventive conservation. There are also several examples of national legislation with guidelines about preventive conservation – the law for Museums n.º 47/2004, the law n.º 3/2006 related with the accreditation of Museums and the law n.º 16/93, that sets the national policies for Portuguese archives.

As a result of a professional experience of 13 years in the area with the development of several preventive conservation plans in the last eight years, the author makes a reflection on their practical application. Throughout the paper the results of a survey and the reflections about the integration of the plans in the management models are presented, as well as their applicability and compliance with the legislation associated.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação preventiva
Reflexão crítica
Operacionalidade
Gestão de colecções

KEYWORDS

Preventive-conservation
Reflection
Applicability
Collections management

Conservação Preventiva – Enquadramento

Entre 1761 e 1781 Bernard Simon o administrador do capítulo da Abadia de Murbach, na Alsácia, compôs um inventário dos títulos presentes naquela, a que associou um conjunto de regras que considerava imprescindíveis para manter a boa ordem dos mesmos [1]. Designadas como “as sete regras de ouro para os arquivistas”, assume-se provavelmente como um dos primeiros documentos no âmbito da conservação preventiva em arquivos. Quando analisamos com atenção as regras, identificamos preceitos relacionados com a organização, manuseamento, mas também vários elementos relacionados com aspectos que assumiam um carácter hostil para os documentos, como a humidade, a sujidade, insectos e fogo. Sem qualquer enquadramento científico, revelam um saber empírico feito de uma convivência continuada com os documentos, de um cuidar inscrito num sentido de dever e responsabilidade.

A evolução da conservação preventiva e o entendimento que assume hoje conferido pela conservação e restauro, funda-se em práticas que foram sendo desenvolvidas ao longo dos séculos com o propósito de fazer perdurar aquilo a que atribuímos valor e significado. As sete regras de ouro para os arquivistas são um exemplo disso, como, num contexto mais simples, o são alguns livros escritos no século XVIII e XIX centrados na preservação dos objectos e elementos que faziam parte da realidade doméstica. Em obras como “O livro dela para a manutenção do lar” (tradução do autor), escrito por Susanna Whatman entre 1776-1789 [2], ou “O tesouro da informação doméstica” (tradução do autor), escrito em 1865 por Isabella Beeton [3], encontram-se várias recomendações para a boa manutenção das casas e dos diferentes objectos que compunham o ambiente familiar (ventilação dos espaços, limpezas periódicas e sazonais, produtos para combater os insectos), mas também passagens dedicadas a bibliotecas e livros existentes nesses contextos.

A estruturação do conceito aconteceu durante o século XX. As várias cartas do património e convenções produzidas ao longo do mesmo guiam-nos pelo respectivo processo de evolução e fundamentação conceptual [4-11]. Estabelecendo uma relação directa com a definição da categoria de “bem cultural” e com a afirmação da conservação e restauro enquanto referencial epistemológico [12], “Conservação Preventiva” surge como uma tendência assente na primazia da intervenção mínima (fruto de um entendimento interventivo diametralmente oposto ao verificado no século anterior) e como reflexo do surgimento de valores como integridade e autenticidade associados aos bens culturais [13]. Tendo determinado o desenvolvimento de linhas de trabalho específicas dentro da conservação e restauro (e em articulação com outras áreas) com particularidades associadas às diferentes realidades institucionais, esse aspecto traduziu-se na produção de bibliografia de sentido orientador e reflexivo por parte de organismos representativos das Ciências Documentais [14-16],

Museologia [17-22] e Conservação e Restauro [22-23].

É legítimo assumir que a legislação existente em Portugal na área do Património reflecte essas contribuições, mais concretamente a Lei 47/2004 [24], designada Lei-Quadro dos Museus, a Lei 161/97 [25] referente à Rede Portuguesa de Museus e o Decreto-Lei nº16/93 [26] que define a política nacional de arquivos.

A Lei 47/2004, estabelece no ponto 1 do artigo 28º que “a conservação dos bens culturais incorporados obedece a normas e procedimentos de conservação preventiva elaboradas por cada museu”. No ponto 2 do mesmo artigo lê-se que essas normas “definem os princípios e as prioridades da conservação preventiva e da avaliação de riscos”.

A Rede Portuguesa de Museus, estrutura na dependência do Instituto Português dos Museus, e criada pela Lei 161/97 com o objectivo de valorizar e qualificar a rede museológica, no processo de credenciação que propõe estabelece, como um dos critérios de avaliação das funções museológicas, a existência de normas e procedimentos de conservação preventiva.

No âmbito dos arquivos e apesar de não existir uma referência explícita à conservação preventiva, subentende-se esta realidade como parte integrante dos pressupostos funcionais dos mesmos. O Decreto-Lei nº16/93 estabelece no artigo 20º a conservação como um dever, referindo no ponto 1 que “os detentores de fundos, colecções ou documentos classificados estão obrigados a conservá-los, de acordo com as regras arquivísticas nacionais”.

Pretende-se com esta exposição evidenciar que: i) As instituições com responsabilidades na salvaguarda do património cultural não podem advogar desconhecimento relativamente ao conceito “conservação preventiva”; ii) para além da bibliografia existente, surge consagrado em documentos legislativos, cartas e convenções subscritas pelo Estado Português; iii) são abundantes as referências sobre a temática, com orientações claras sobre a implementação de planos de conservação preventiva, de acordo com a natureza institucional em questão.

Implementação de Planos de Conservação Preventiva – Avaliação

Em 2017, e respondendo a um convite endereçado pelo Arquivo Nacional Torre do Tombo em parceria com a Universidade Nova de Lisboa, propus-me reflectir sobre a implementação dos Planos de Conservação Preventiva que realizei entre 2010 e 2015, mais concretamente sobre a aplicabilidade dos mesmos e sobre os factores que determinaram o seu maior ou menor sucesso nas instituições em questão. Os resultados dessa avaliação foram apresentados numa comunicação realizada no Arquivo Nacional Torre do Tombo, no dia 27 de Junho de 2017, inserida no Ciclo de Seminários Arquivos & História, e mais recentemente no II Colóquio sobre Investigações

em Conservação e Restauro, realizado entre 27 e 29 de Setembro de 2018, na Faculdade de Belas Artes de Lisboa.

Os dados que serviram de base às apresentações em questão e que aqui se apresentam, resultaram da recolha de elementos quantitativos e qualitativos junto de arquivos e museus. A amostragem escolhida corresponde a instituições com que trabalhei no desenvolvimento de planos de conservação preventiva ao longo dos últimos anos, num total de quatro – três museus e um arquivo [27-28].

Os elementos quantitativos resultaram do preenchimento de inquéritos individualizados onde constavam as medidas propostas para as instituições com as seguintes possibilidades de resposta: “implementadas”, “não implementadas”, “parcialmente implementadas”.

Os elementos qualitativos foram retirados de entrevistas, que contemplavam oito questões para arquivos e nove para museus, a saber:

1. O Plano desenvolvido foi aplicado?
2. O critério de aplicação das medidas previstas obedeceu à lógica definida pela metodologia associada ao mesmo? Se não, qual o critério seguido?
3. Quais as principais dificuldades sentidas na sua aplicação?
4. A responsabilidade de aplicação do plano foi assumida por um Conservador-Restaurador?
5. A terminologia utilizada revelou-se facilmente perceptível?
6. Quando as medidas previam articulação com outras áreas técnicas, qual a receptividade mostrada?
7. O plano desenhado foi revisto internamente, no sentido de ser aferida a sua aplicação e novos objectivos?
8. A par do restauro, o orçamento actual prevê dotação específica para a conservação preventiva?
9. Após a entrada na rede portuguesa de museus, existiram contactos posteriores no sentido de ser avaliada a aplicabilidade dos planos propostos?

Começando pelos elementos quantitativos, depois de analisadas as respostas correspondentes a 166 medidas, obtiveram-se os seguintes resultados:

- Foram implementadas 10 % (17/166) das acções propostas, 40 % (66/166) não foram implementadas e 50 % (83/166) foram implementadas parcialmente.
- Analisando as medidas não implementadas, observa-se que uma parte significativa corresponde a propostas de alteração de procedimentos no funcionamento dos serviços. Enquadram-se, também, neste contexto, várias acções relacionadas com a manutenção dos edifícios.
- As medidas implementadas reflectem, maioritariamente, acções centradas nos aspectos relacionados com a monitorização ambiental e biológica, bem como no âmbito do armazenamento e acondicionamento dos objectos.
- Relativamente às medidas parcialmente implementadas, apesar de traduzirem situações muito diversas, existe um conjunto significativo que revela traços

comuns: correspondem a medidas de médio e longo prazo associadas a necessidades de definição e/ou alterações estratégicas; associam-se a cenários de risco que remetem para propostas de mitigação e resolução mais complexas; correspondem a várias medidas relacionadas com alterações de procedimentos.

No âmbito dos elementos qualitativos, e apesar de se terem verificado algumas respostas diferenciadas entre instituições, é possível perspectivar também algumas tendências. Seguindo a ordem das perguntas apresentadas anteriormente, apurou-se o seguinte:

- Todas as instituições convergem na importância dos documentos propostos, encontrando-se em fase de implementação dos respectivos planos de conservação preventiva.
- Apenas uma parte das instituições seguiu a lógica de implementação das medidas respeitando as prioridades de intervenção definidas nos planos de conservação preventiva. Nos casos em que se verificou a aplicação de critérios distintos, corresponderam aos seguintes pressupostos: *i)* simplicidade associada à aplicação das medidas propostas; *ii)* implementação subordinada a iniciativas promovidas internamente por outras áreas; *iii)* redefinição das prioridades de acordo com os constrangimentos operacionais das instituições.
- Não sentiram dificuldades na leitura e na aplicação dos planos de conservação preventiva, considerando a terminologia perceptível e as propostas realistas.
- A aplicação dos planos foi feita, maioritariamente, por técnicos com um perfil de competências distintas da conservação e restauro – apenas num dos casos foi efectuada por conservador-restaurador.
- De um modo geral, medidas que pressupuseram articulação com outras áreas (museologia e arquivística), e que não comprometiam os pressupostos de exposição e divulgação / acesso dos bens revelaram uma aceitação total por parte das mesmas. Medidas que determinavam condicionalismos e restrições no âmbito da exposição, divulgação e acesso dos objectos, revelaram dificuldades na articulação e implementação com outras áreas.
- Os planos propostos não foram alvo de revisões internas no sentido de serem reavaliados os objectivos, as taxas de aplicação e a identificação de potenciais situações não referenciadas nos mesmos.
- Todas as instituições responderam contemplar verbas específicas nos respectivos orçamentos para a conservação preventiva. Contudo, em nenhum dos casos essas verbas estabelecem uma relação directa com os planos, mais concretamente com as exigências financeiras associadas a medidas específicas constantes nos mesmos.
- Museus que integraram a Rede Portuguesa de Museus, uma vez aceites os respectivos planos de Conservação

Preventiva por parte da tutela, não foram alvo de qualquer avaliação por parte da mesma nesse âmbito, nomeadamente aferindo a aplicação das medidas propostas.

Conclusões

Dos dados apresentados e partindo de outros elementos presentes nas entrevistas, deixam-se as seguintes conclusões:

- Os constrangimentos funcionais relacionados com a insuficiência de recursos humanos dificultam a aplicação dos planos. Nestes contextos, privilegiam-se actividades relacionadas com o funcionamento das instituições com uma maior orientação para o público (divulgação, exposições, acções no âmbito dos serviços educativos, respostas a pedidos de consulta de documentação) em detrimento de todas as que assumem um menor impacto nesse âmbito – conservação preventiva, inventário, investigação.
- A prevalência de técnicos com perfil de competências noutras áreas que não a conservação e restauro, associados à coordenação dos planos, dificulta a implementação plena dos mesmos. Se é um facto que tanto museólogos como arquivistas têm conhecimentos no âmbito da conservação preventiva, existem níveis de informação e necessidades de reavaliação a que apenas um conservador-restaurador consegue aceder – monitorização ambiental e implementação de medidas decorrentes da mesma; monitorização biológica e medidas no âmbito do controlo integrado de pragas; avaliação de riscos, entre outras.
- As reestruturações de serviços que muitas das vezes se produzem no âmbito das alternâncias de ciclos políticos são outro factor apontado por algumas instituições, como limitador de uma aplicação consistente dos planos. Estes processos implicam, por vezes, extinções de serviços, mudanças de tutelas e interlocutores, criando constrangimentos em termos de funcionamento dos mesmos [23].
- Apesar de surgir consagrado na definição institucional de arquivo e museu, a conservação e restauro (onde se inclui a conservação preventiva) parece ainda assumir um carácter secundário comparando com os pressupostos associadas à museologia e arquivística. A ausência de um sentido de paridade, em muitos dos casos, faz com que as acções no âmbito da conservação surjam determinadas pelas iniciativas e entendimentos estabelecidos por outras áreas, que não a própria conservação e restauro.
- A pressão imposta hoje às instituições (por parte das tutelas e pelo modelo económico vigente) de justificarem a sua existência produzindo de uma forma permanente e regular iniciativas para os seus públicos-alvo, vem-se traduzindo, em muitos casos, numa subalter-nização de todas as actividades que caem fora desse âmbito – inclui-se aqui a conservação mas também o estudo e descrição dos bens culturais.
- No âmbito da aplicação dos planos de conservação preventiva, o facto de as instituições não respeitarem a sistematização proposta nos mesmos, retira-lhe parte da sua eficácia. Uma vez que as medidas propostas estabelecem uma lógica de articulação e interdependência, em muitos dos casos, a concretização avulsa anula esse efeito, e inviabiliza a eliminação e mitigação dos riscos pretendida.
- A preponderância que as acções relacionadas com a alteração de procedimentos assumem nos valores associados às medidas não implementadas – este aspecto remete para uma percepção relativamente consensualizada no âmbito da gestão, que assenta na grande resistência que existe dentro das instituições, relativamente à mudança de hábitos de trabalho [22, 24-25].
- As instituições não realizam revisões periódicas dos planos, acompanhadas da respectiva actualização dos mesmos. Situando-se os planos das instituições consideradas para efeito de amostragem entre os três e seis anos, este aspecto remete para uma desactualização dos mesmos, com possíveis impactos nas estratégias de mitigação e eliminação preconizadas bem como nas magnitudes de risco apuradas.
- As dotações orçamentais para a conservação parecem traduzir mais uma afectação indirecta relacionada com necessidades transversais a toda a instituição (manutenção, segurança e resposta a emergências) do que propriamente emanadas dos planos de conservação preventiva. Esta situação, para além de entroncar em vários pontos anteriores, é passível de remeter igualmente para dois outros aspectos: *i)* a dificuldade dos conservadores-restauradores afirmarem junto dos gestores a importância da conservação preventiva como parte integrante do modelo de gestão das instituições – esta circunstância interpela-nos a um aprofundamento do diálogo entre conservadores-restauradores e gestores e, simultaneamente, ao desenvolvimento por parte dos conservadores-restauradores de ferramentas orientadas para a gestão com indicadores custo-benefício que tornem mensuráveis o investimento nesta área; *ii)* a primazia que existe ainda do restauro sobre a conservação – sendo certo que muitas vezes as condições dos acervos e a forte demanda dos utilizadores relativamente aos bens justificam esse investimento, em termos de impacto investir na conservação preventiva é muito mais proveitoso e rentável do que investir em restauro. Falamos de duas realidades completamente distintas em que se contrapõe o acervo (conservação preventiva) ao objecto (restauro). Um investimento consistente no âmbito da

conservação preventiva permitirá reduzir as necessidades de restauro e, por inerência, diminuir os custos associados ao mesmo.

- Por último, no âmbito dos museus e mais particularmente dos que integram a Rede Portuguesa de Museus, a exigência de um plano de conservação preventiva por parte da tutela parece ser, neste momento, mais um formalismo do que verdadeiramente uma condição essencial ao cumprimento das funções museológicas, como surge inscrito na lei. Esta conclusão retira-se da completa ausência de fiscalização por parte das entidades competentes nesse âmbito, uma vez verificada a pertença dos museus à Rede.

Os dados e as reflexões apresentados não assumem a pretensão de retratar de uma forma transversal todas as instituições com bens culturais à sua guarda – para que tal pudesse acontecer só considerando uma amostragem mais vasta do que a referida anteriormente e correspondente a um perfil institucional mais diversificado.

Pretendi apenas, partindo de uma experiência profissional de 13 anos, trazer algumas considerações sobre a implementação prática de planos de conservação preventiva nos museus e arquivos com que colaborei, e uma leitura possível das tendências que os dados recolhidos parecem evidenciar, nesta área específica.

Sem dúvida que a conservação preventiva nas instituições em Portugal terá nuances e aspectos não contemplados nos pontos apresentados anteriormente. Contudo, e mesmo com limitações e insuficiências, os dados partilhados permitem o autor deste artigo afirmar a seguinte convicção: se por um lado, conservação preventiva é um termo que entrou definitivamente no universo das nossas instituições, a sua assimilação plena e aplicação ainda tem um longo caminho de maturidade pela frente, onde a intensidade e maior ou menor sucesso desse processo, surgem dependentes de factores mais estruturais, a saber: *i*) o reconhecimento da importância do património cultural por parte da sociedade; *ii*) o reconhecimento da conservação e restauro como área paritária dentro das instituições culturais; *iii*) a emergência de uma consciência colectiva, assente na existência de uma responsabilidade partilhada entre os vários intervenientes e utilizadores do património cultural, relativamente à sua conservação.

REFERÊNCIAS

1. Simon, B., 'The Seven Golden Rules for Archivists (1761-1781)' in *Historical Perspectives on Preventive Conservation*, ed. S. Staniforth, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013) 63-64.
2. Whatman, S., 'Her Housekeeping Book (1776-1789)' in *Historical Perspectives on Preventive Conservation*, ed. S. Staniforth, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013) 50-55.
3. Beeton, I., 'The Book of Household Management (1861) and Beeton's Housewife Treasury of Domestic Information (1865)' in *Historical Perspectives on Preventive Conservation*, ed. S. Staniforth, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013) 56-61.
4. 'Carta de Atenas – Conclusão da Conferência Internacional de Atenas sobre o Restauro dos Monumentos' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeAtenas.pdf> (acesso em 19-11-2018).
5. 'Carta de Veneza – Sobre a conservação e restauro de monumentos e dos sítios' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/CartadeVeneza.pdf> (acesso em 19-11-2018).
6. 'Convenção para a Protecção de Bens Culturais em Caso de Conflito Armado' in *Ministério Público*, <http://www.ministeriopublico.pt/instrumento/convencao-para-proteccao-dos-bens-culturais-em-caso-de-conflito-armado-16> (acesso em 22-03-2019).
7. 'Convenção do Unidroit sobre Bens Culturais Roubados ou Ilicitamente Exportados' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/static/data/recursos/formularios/deolinda4.11.2017/diplomaresolucaodaassembleiadarepublican342000.pdf> (acesso em 22-03-2019).
8. 'Convenção para a Protecção do Património Mundial, Cultural e Natural' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/ConvencaoparaaProteccaodoPatrimonioMundialCulturalNatural.pdf> (acesso em 19-03-2019).
9. 'Towards a European Preventive Conservation Strategy' in *Ministerio de Cultura y Deporte*, <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:e9b524ac-ce68-4a2a-8d5b-ae5d6d456e54/10-preventiva-eng.pdf> (acesso em 22-03-2019).
10. 'Carta de Cracóvia – Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf> (acesso em 19-11-2018).
11. 'Convenção de Faro' in *Direcção-Geral do Património Cultural*, <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/ConvencaodeFaro.pdf> (acesso em 19-11-2018).
12. Pereira, L., 'Documento de Arquivo e Documento Bibliográfico Como Bens Culturais: Evolução Registada e Factores de Afirmação', *Páginas a&b* 8(2) (2011) 149-158.
13. Wirilander, H., 'Preventive Conservation: a Key Method to Ensure Cultural Heritage's Authenticity and Integrity in Preservation Process', *e-Conservation Magazine* 6(24) (2012) 164-176, http://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2015/07/Unidad3_econservationMagazine24.pdf (acesso em 13-03-2013).
14. *Benchmarks in Collections Care for Museums Archives and Libraries: A self-assessment Checklist*, Museums, Libraries and Archives Council (2011).
15. Manning, R.; Krempe, V. (ed.), *A Reader in Preservation and Conservation*, IFLA Publications, De Gruyter Saur, München (2000), <https://doi.org/10.1515/9783110968347>.
16. Canadian Council of Archives, *Basic Conservation of Archival Materials*, Canadian Council of Archives, Ontario (2003).
17. Michalski, S., 'Conservação e Preservação do Acervo' in *Como Gerir um Museu – Manual Prático*, ed. P. Boylan, ICOM, Paris (2004) 55-99.

18. Henderson, J., 'Reflections on Decision-Making in Conservation', in *ICOM-CC Triennial Conference*, ICOM, Lisbon (2011) 1-8, <https://www.icom-cc-publications-online.org/PublicationDetail.aspx?cid=407b09bb-99de-4cf9-8dd6-f5854cd40793>
19. Guichen, G., 'La Conservation Préventive: Un Changement Profond de Mentalité', *Cahiers d'étude ICOM-CC*, **1** (1995) 4-6.
20. Instituto dos Museus e da Conservação, *Plano de Conservação Preventiva – Bases Orientadoras, Normas e Procedimentos*, Instituto dos Museus e da Conservação, Lisboa (2007).
21. Waller, R., 'A Risk Model for Collections Preservation', in *Museum-SOS, American Museum of Natural History* (2002), <http://museum-sos.org/docs/WallerICOMCC2002.pdf> (acesso em 15-01-2010).
22. Pedersoli, J.; Antomarchi, C.; Michalski, S., *Guia de Gestão de Riscos para o Património Museológico*, IBERMUSEUS, ICCROM, (2017).
23. Putt, N.; Slade, S., *Team work for preventive conservation*, ICCROM (2004), https://www.iccrom.org/sites/default/files/ICCROM_01_Teamwork_en.pdf (acesso em 03-02-2015).
24. Lei n.º 47/2004 de 19 de Agosto. Diário da República I Série. 195 (19-08-04), p. 3039-3042.
25. Decreto-lei n.º 161/97 de 26 de Junho. Diário da República I Série. 3119 (26-06-97), p. 3119-3126.
26. Decreto-lei n.º 16/93 de 23 de Janeiro. Diário da República I Série. 19 (23-01-93), p. 264-270.
27. Pereira, L., 'Conservação de Fundos Documentais: Implementação de um Modelo de Gestão de Risco em Arquivos, Partindo do Estudo de Caso no Arquivo Nacional Torre do Tombo, Portugal', *Conservar Património* **19** (2014) 35-52, <https://doi.org/10.14568/cp2014006>.
28. Pereira, L., 'Conservação Preventiva e Gestão: Contributo para um Novo Modelo Integrado, Partindo do Estudo de Caso no Arquivo Nacional Torre do Tombo, Portugal', *Conservar Património* **24** (2016) 11-22, <https://doi.org/10.14568/cp2015004>.

RECEBIDO: 2018.11.28

REVISTO: 2019.8.07

ACEITE: 2020.5.28

ONLINE: 2020.7.31



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

Intervenção de conservação dum bordado com missangas em papel perfurado: problemas e soluções

LUCIANA BARROS¹
ANTÓNIO JOÃO CRUZ^{1,2,3*}
LEONOR LOUREIRO^{1,3}

1. Instituto Politécnico de Tomar, Estrada da Serra, 2300-313 Tomar, Portugal

2. Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Largo Marquês de Marialva 8, 7000-809 Évora, Portugal

3. Techn&Art - Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes, Instituto Politécnico de Tomar, Estrada da Serra, 2300-313 Tomar, Portugal

* ajcruz@ipt.pt

Conservation intervention on an embroidery with beads on perforated cardboard: problems and solutions

Resumo

O papel perfurado é um material rígido muito usado como suporte de bordados na 2.^a metade do século XIX, mas muito pouco conhecido actualmente. Os casos de intervenção são raros e, por isso, apresenta-se aqui a intervenção de um exemplar bordado com missangas de vidro, de 1879, que se encontrava em mau estado de conservação. A intervenção foi complexa, sobretudo devido à fragilidade da obra e à existência de diferentes materiais ligados entre si que não permitiam os tratamentos a que estes são habitualmente sujeitos quando isolados. A operação mais complexa foi a acção simultânea de microconsolidação e micropreenchimento que envolveu a inserção de fibras de papel japonês e Tylose MH300 a 4 % entre as camadas do papel perfurado e a inserção de tiras de papel japonês por entre as linhas do bordado, entrelaçando-as com estas. Para o acondicionamento do bordado, foi necessário simultaneamente evitar as condições mais desfavoráveis para a conservação do vidro e do papel.

PALAVRAS-CHAVE

Papel perfurado
Bordado
Missangas de vidro
Microconsolidação
Micropreenchimento

Abstract

Perforated cardboard is a rigid material widely used during the second half of the 19th century as an embroidery support, but very little-known today. Intervention cases are rare, and so an intervention on a poor condition 1879 glass beads embroidered specimen is presented here. The intervention was a complex task, mainly due to the fragility of the object and the existence of different materials linked to each other, that did not allow the execution of treatments to which they are usually subjected when isolated. The most intricate operation was the simultaneous action of micro-consolidation and micro-infill. These involved the insertion of Japanese paper fibres and 4 % Tylose MH300 between the perforated paper layers, and the insertion of Japanese paper strips between the embroidery lines. For the embroidery housing, it was necessary simultaneously to avoid the most unfavourable conditions for both the preservation of the glass and the paper.

KEYWORDS

Perforated cardboard
Embroidery
Glass beads
Micro-consolidation
Micro-infill

Introdução

Neste artigo apresenta-se a intervenção de conservação de um bordado com missangas de vidro, realizado num suporte de papel perfurado com dimensão de 276 mm de largura por 342 mm de altura, que mostra um cavalo e cavaleiro apeado rodeados por moldura de flores, sobre uma faixa com a data de 1879 (Figura 1). Pertence a uma colecção particular e, segundo o actual proprietário, o bordado foi realizado pela sua tia-avó, Guilhermina Duarte Leal Machado, aos 15 anos de idade, no Porto.

O papel perfurado é um suporte relativamente rígido, quase cartão, que apresenta pequenos furos distribuídos a intervalos regulares, sendo sobretudo usado para bordados. Surgiu na 2.ª metade do século XVIII e teve grande popularidade na 2.ª metade do século XIX, especialmente no Reino Unido e nos Estados Unidos, por ser um suporte

mais barato e mais fácil de bordar do que os tecidos. Nessa ocasião, em que bordar era uma ocupação comum, o papel perfurado era comercializado com significativa diversidade de tipos e foi incorporado numa grande variedade de objectos de uso quotidiano, tais como marcadores de livros, caixas e cestos [1].

Não obstante ter alguma resistência física, o papel perfurado tende a estalar com o manuseamento e pode rasgar com facilidade. Devido a isso, são actualmente conhecidos poucos exemplares de objectos em que tenha sido empregue [1]. A conjugação desta situação com o facto de tais objectos terem sido usados, sobretudo, em estratos sociais pouco elevados, explica que os bordados em papel perfurado só raramente sejam mencionados em estudos sobre bordados [1]. Além disso, tanto quanto é do nosso conhecimento, tratamentos de conservação e restauro dos mesmos são assunto de uma única publicação [2].



Figura 1. Bordado antes da intervenção.

O objecto na origem deste artigo encontrava-se em mau estado de conservação, especialmente devido aos problemas do suporte. Este apresentava falta de coesão entre as diferentes camadas que o constituem, assim como diversos rasgões, dobras e lacunas, de que resultou a não manutenção dos fios bordados nas respectivas posições originais, potenciando a ocorrência de danos nas linhas e nas missangas. A necessidade da sua intervenção era evidente, mas também as dificuldades de intervenção: por um lado, devido à fragilidade da obra e à inclusão de diferentes materiais ligados de uma forma que excluía os tratamentos de conservação e restauro a que habitualmente são sujeitos quando isolados; por outro lado, devido à mencionada escassez de bibliografia sobre outros casos que pudessem auxiliar na definição dos procedimentos e na escolha dos materiais a utilizar.

Este contexto conduziu ao estudo dos papéis perfurados com base nas fontes documentais do século XIX [1] e ao presente artigo, que apresenta o caso desse exemplar de bordado em papel perfurado, nomeadamente os seus problemas de conservação e as soluções adoptadas, que tiveram como objectivo principal a estabilização e preservação futura do conjunto constituído pelas missangas, fios e papel. A divulgação deste trabalho, realizado no âmbito da dissertação de Mestrado em Conservação e Restauro da primeira autora, pretende contribuir para o maior conhecimento deste tipo de objectos e dar conta de procedimentos que podem ser úteis para a intervenção doutros exemplares.

Métodos de exame e análise

Fotografia

A documentação fotográfica realizada antes, durante e após a intervenção foi realizada com câmara Canon EOS 5D Mark II e objectiva Canon Macro Lens EF 100mm 1:2.8 USM. Para as fotografias de luz normal e de luz rasante foram usadas fontes de luz Hedler DX15 com lâmpada BA 150 SET de 150 W. Para a fotografia de fluorescência de ultravioleta foram utilizadas lâmpadas Philips TLD 36W/08.

Microscopia e testes microquímicos

Devido à diminuta dimensão do bordado, parte do estudo e da intervenção foram efectuados com recurso à lupa binocular Leica M320 IVC com ampliação até 40×. Foi igualmente usado, especialmente para documentação, um microscópio de mão Dino-Lite AD7013MZT(R4), que proporciona ampliação até 250×.

A observação de amostras de papel (fibras e cortes estratigráficos) foi realizada num microscópio óptico Olympus CH30. Para os cortes estratigráficos, as amostras dos papéis foram encapsuladas em resina epóxida Epoxicure, da Buehler.

A identificação das fibras dos papéis, das linhas e do tecido usado num reforço antigo foi efectuada através de

análise morfológica [3] e de testes de coloração com os reagentes Lofton-Merritt e Herzberg [4], num microscópio Nikon Eclipse E400 POL com uma câmara acoplada Dino-Eye C-Mount Camera AM7023CT(R4), da Dino-Lite.

Devido às limitações da espectroscopia de infravermelho para a detecção de amido na presença de celulose, em resultado da semelhança dos seus espectros, a possibilidade de uso de cola de amido no papel, sugerida pela espectroscopia de infravermelho, foi averiguada com o teste de Lugol [5].

Detecção de actividade biológica

A possibilidade de existência de actividade biológica no papel foi testada através de colonização biológica. Para o efeito, foram recolhidas oito amostras, por meio de zaragatoas, em diversas zonas do papel. A incubação foi efectuada em meio de cultura de agar nutritivo (Himedia, ref.^a MO01-500G) misturado com água desionizada, aquecido e esterilizado em autoclave durante 15 min a 120 °C. A incubação foi realizada a 22 °C, durante um mês.

Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

Com o objectivo de identificar o adesivo utilizado entre as camadas do papel perfurado, uma amostra recolhida nessa zona foi analisada por espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR). O espectro foi obtido com o equipamento Alpha, da Bruker, em modo ATR, entre 4000 e 400 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹.

Espectrometria de fluorescência de raios X

Para a caracterização da composição do revestimento metálico da folha de papel aplicada no verso do bordado, foram obtidos espectros de fluorescência de raios X (XRF) com um equipamento portátil constituído por ampola de raios X Oxford Instruments com ânodo de prata (tensão de 30 kV, intensidade de corrente de 25 µA), detector Amptek XR-100CR e analisador multicanal Amptek PO-2.

pH do vidro

De modo a avaliar o tipo de degradação do vidro das missangas, foi medido o pH do vidro usando papel indicador humedecido com água desionizada e colocado durante 3 segundos, sem pressão, sobre as missangas de vidro [6]. Valores básicos de pH são considerados indicadores de lixiviação e instabilidade do vidro.

Caracterização da obra

Segundo as observações de microscopia e os testes microquímicos, o suporte de papel perfurado é composto por três camadas de papel de pasta de trapo, formada por fibras de algodão e linho. Tem espessura total de 0,48 mm. Devido à sua tonalidade mais escura, a camada intermédia aparenta ser mais compacta do que as outras, ainda que a espessura



Figura 2. Corte estratigráfico do papel perfurado observado no microscópio óptico.

seja semelhante (Figura 2). De acordo com os espectros de FTIR e, sobretudo, de acordo com os resultados do teste de Lugol, as camadas estão unidas por cola de amido.

O papel apresenta 20 perfurações por polegada (8 perfurações por centímetro) e, por isso, inclui-se no tipo de papel, com mais de 18 perfurações por polegada, destinado aos trabalhos mais minuciosos [7].

No verso, o papel perfurado assenta sobre uma folha de papel com revestimento metálico de cor dourada na face interior. Trata-se de uma situação comum em que se aproveitava o efeito decorativo resultante do brilho metálico observado através das perfurações [1, 8, p. 58]. Essa folha, com espessura total de 0,095 mm, apresentava-se cosida

ao papel perfurado no topo, por meio de ponto corrido, de simples execução. O revestimento metálico, segundo o espectro de XRF (análise semiquantitativa), é de folhas metálicas de uma liga de cobre e reduzida concentração de zinco usada em imitação de folhas de ouro.

O bordado, com um desenho detalhado, foi feito apenas com missangas enfiadas em linha de algodão, não sendo detectável qualquer tipo de marcas auxiliares no papel, utilizando o meio ponto. Na frente, o ponto assume sempre a mesma direcção, mas pelo verso é notório que este não foi usado de uma forma regular, observando-se extensas zonas com as linhas de fio na diagonal em vez de estarem apenas na vertical.

As missangas são de cor uniforme, umas de vidro transparente e outras de vidro opaco. Têm tom branco, amarelo, castanho, vermelho, rosa e verde e, no caso do vidro opaco, há também missangas com tom violeta, azul e preto. São de forma esférica achatada e têm menos de 2 mm de largura e 1 mm de espessura, pelo que pertencem à categoria de missangas muito pequenas [9]. As reduzidas diferenças de tamanho parecem estar relacionadas com a cor. Segundo os resultados preliminares de XRF obtidos por Inês Coutinho e Márcia Vilarigues, são de vidros de chumbo com composição semelhante, salvo no que diz respeito ao elemento responsável pela cor. De acordo com estes resultados, foi usado o antimónio como opacificante.



Figura 3. Fotografia com luz rasante do verso do papel perfurado (a) e do bordado (b), antes da intervenção.



Figura 4. Pormenor do bordado com rasgões e lacunas do papel perfurado e missangas mal posicionadas (fila azul superior, do lado esquerdo) e missangas em falta (por baixo do algarismo 7).

As características do suporte, designadamente a grande densidade de perfurações, o emprego de missangas em vez de apenas linha de bordar e a complexidade do desenho denotam um contexto social elevado, o que foi confirmado pelas informações fornecidas pelo actual proprietário, familiar da autora do bordado. Os erros na execução dos pontos, que se observam apenas no verso (Figura 3a), podem-se explicar pela inexperiência da sua autora naquela ocasião, algo que pode ser relacionado com o facto de o papel perfurado ser frequentemente o primeiro suporte utilizado durante a aprendizagem das técnicas de bordar [10, p. 28]. Ainda sobre o contexto em que foi realizado o bordado, é de notar que na ocasião existia no Porto uma importante comunidade de origem inglesa, ou seja, com ligações a um país onde o bordado em papel perfurado teve a maior divulgação e uso.

Estado de conservação

O suporte do bordado encontrava-se em mau estado de conservação. O adesivo que unia as camadas do papel perfurado já não exercia eficazmente a sua função. A perda de resistência resultante dessa falta de coesão, a tensão exercida pelo bordado e o manuseamento, nem sempre cuidado, a que o objecto foi sujeito ao longo de décadas originaram graves empolamentos, rasgões e lacunas, sobretudo na zona central (Figuras 3b, 4 e 5).



Figura 5. Pormenor de zona do papel perfurado em risco de descolamento com rasgões e lacunas, observado com microscópio de mão.

No verso do papel perfurado era visível um pequeno reforço com tecido. Tendo em conta os pontos que o atravessavam e sua ligação com as missangas, foi realizado durante a execução do bordado.

O papel perfurado, além de sujidade generalizada, apresentava áreas consumidas por insectos, sobretudo na periferia, e diversas manchas, nomeadamente linhas de maré, especialmente visíveis na fotografia de fluorescência de ultravioleta. Esta permitiu também detectar manchas que aparentavam ser de microorganismos. No entanto, a



Figura 6. Depósito superficial (a), fractura (b) e lacuna (c) em missangas vermelhas transparentes observados com microscópio de mão.

colonização biológica não confirmou esta hipótese, pois, por um lado, só numa das oito amostras recolhidas para colonização biológica se observou microorganismos (fungos do género *Aspergillus*) e, por outro lado, o desenvolvimento desse fungo apenas numa zona marginal da caixa de Petri sugere que essa identificação, como acontece com alguma frequência [11], resultou de contaminação.

Junto ao canto inferior esquerdo do papel com revestimento metálico observou-se uma pequena lacuna,

provavelmente resultante de queimadura com cigarro que também deixou marca no verso do papel perfurado.

As linhas de algodão encontravam-se quebradas em diversos locais, eventualmente devido a corte causado pelas irregularidades do vidro no interior das missangas [12, p. 320], do que resultou a perda de algumas.

As missangas apresentavam problemas por si só: as de vidro transparente verde e vermelho e as de vidro opaco azul e rosa tinham na superfície localizados depósitos espessos de sujidade ou outros materiais e as de vidro vermelho transparente, além disso, apresentavam estalados, fracturas e lacunas (Figura 6).

Foi efectuada a medição superficial do pH com o objectivo de averiguar se estes problemas tinham origem química ou física. Os resultados obtidos mostraram que o pH, igual a 5, era igual em todas as missangas, incluindo as que não apresentavam esses depósitos, e, por isso, sugerem que a degradação não deriva de processos de lixiviação, que teriam como consequência o aumento do pH [6], mas é consequência de processos apenas de natureza física como depósito de sujidades.

O facto de os estalados, fracturas e lacunas se limitarem às missangas de vidro vermelho transparente pode decorrer da menor resistência física destas devido à sua menor dimensão ou à sua composição química, sendo esta última hipótese discutida em estudo ainda em curso.

Intervenção de conservação

Objectivos e princípios da intervenção

O bordado encontrava-se num estado de grande fragilidade que tornava indispensável uma urgente intervenção de conservação e restauro, sob pena de os danos rapidamente se acentuarem. Considerando que o valor da obra, mais do que da sua estética, resulta do seu valor documental – quer de uma técnica caída em desuso, quer da história familiar –, a intervenção, com a concordância do proprietário, adoptou essencialmente um carácter conservativo, procurando sobretudo estabilizar e preservar o bordado.

Sendo uma peça de colecção privada, foram claramente apresentadas ao proprietário as implicações dessa opção, nomeadamente a impossibilidade de expor o bordado, numa moldura, na vertical, por o papel, mesmo após a intervenção, não suportar o peso do bordado devido ao seu frágil estado de conservação.

A opção escolhida, portanto, foi a de fazer a intervenção mínima necessária para se atingir o objectivo de estabilizar e preservar o bordado [13] e, depois, guardá-lo num *passerpartout* colocado dentro de uma caixa de acondicionamento, protegido da poeira e das variações de temperatura e de humidade relativa.

Nesta intervenção mínima incluiu-se a limpeza superficial do bordado, a consolidação e preenchimento do papel perfurado de modo a reforçar a sua resistência

física e a união das linhas de algodão quebradas. Não foram incluídas nem a remoção de manchas do papel perfurado por processos de lavagem, que seriam perigosos para a peça, nem a aplicação de missangas nas zonas em que faltam, nem a reintegração cromática das manchas e lacunas.

A não aplicação de novas missangas, além de não prejudicar os objectivos visados na intervenção, decorreu de não existirem no mercado missangas com características semelhantes e de ser impossível passar novas linhas nalgumas perfurações do papel sem o risco de o rasgar. Sem essa aplicação também não se justificava a reintegração cromática do papel, que em nada contribuiria para a estabilização e preservação da obra e que, a ser realizada, afectaria a coerência geral da intervenção.

Quanto à escolha dos materiais, seleccionaram-se materiais diferenciados compatíveis entre si, compatíveis com os materiais originais do bordado e passíveis de utilização em mais do que uma operação.

Desmontagem e pré-consolidação do papel perfurado

A intervenção iniciou-se com a remoção da linha que unia o papel perfurado e o papel com revestimento metálico, com o auxílio de pinça e sonda, pois ambos tinham de ser intervencionados separadamente. Para evitar danos, o bordado foi apoiado num suporte, especificamente criado para o efeito, composto por placa com núcleo de espuma revestido por papel branco (K-line), de 5 mm espessura, envolvida por têxtil não tecido de poliéster de fibra oca (Dracalon), por ser um material macio, e, em contacto com o bordado, têxtil não tecido de poliéster (Bondina 30 g/m², Preservation Equipment, ref.^a 492-3228), por ter uma superfície de contacto muito suave.

Devido à extensa área do suporte em risco de destacamento, que não resistiria à limpeza (como, por exemplo, se observa no pormenor visualizado na Figura 4), foi efectuada uma pré-consolidação com adesivo aplicado com pincel e pressão exercida com sonda, tendo sido usado o mencionado têxtil não tecido de poliéster (Bondina) entre esta e o papel perfurado de modo a não brunir a superfície durante a pressão. A dobradeira de osso não se mostrou um instrumento útil para pressão por ser demasiado grossa para as zonas a consolidar, de diminuta dimensão e circundadas de missangas.

Para a pré-consolidação, assim como nas outras operações que envolveram o uso de adesivo, foi usado um éster de celulose com pH=7 (Tylose MH300 a 4 %) que, além de ser utilizado nos tratamentos de documentos gráficos e de têxteis, é compatível com a cola de amido, presente no papel perfurado, e é resistente a fungos [14].

Limpeza do bordado

Inicialmente, a limpeza a seco foi realizada com movimentos de rolamento de cotonetes, mas o processo mostrou-se pouco eficaz. Experimentou-se, de seguida, a limpeza com um pincel de cerdas macias e aspiração, que se revelou

eficaz e, portanto, foi adoptada. Para o efeito, foi utilizado um aspirador Museum BlowVac Electronic HEPA com têxtil não tecido de poliéster (Reemay 34 g/m²) na extremidade da peça de aspiração para um maior controlo da força de sucção e recuperação fácil de possíveis pedaços de missangas aspirados. A limpeza foi sempre efectuada pela seguinte ordem: frente, verso, frente.

Uma borracha branca sem ftalatos e sem látex (Staedtler Mars Plastic) foi utilizada somente na remoção de uma mancha de sujidade agregada na frente do papel perfurado, por esta se encontrar numa zona estável e sem empolamentos. Foi aplicada uma pressão reduzida e os resíduos foram removidos por aspiração.

Por fim, as missangas foram limpas, por via húmida, com cotonetes embebidos numa solução de água e etanol (30:70). O processo foi muito eficaz, mas apenas superficialmente. Com efeito, devido ao entrelaçamento de materiais e à fragilidade do bordado, era impossível remover a sujidade presente entre as missangas e o suporte sem causar danos.

Consolidação e preenchimento

A diminuta dimensão das missangas e o facto de, em resultado de se tratar de um bordado, as missangas estarem em contacto entre si e o papel impossibilitaram alguns tratamentos expectáveis, como a consolidação do vidro com Paraloid B72 [15] que poderia ter sido realizada se não existissem essas condicionantes que impedem a aplicação do adesivo de forma homogénea e localizado apenas nas missangas a necessitar de consolidação. Assim, não foi efectuada nenhum tratamento de consolidação das missangas.

Relativamente ao papel perfurado, foi efectuada a consolidação nas zonas onde as camadas se encontravam desagregadas mas sem lacunas significativas e o processo foi semelhante ao da pré-consolidação. As zonas com empolamentos não foram consolidadas nem planificadas porque aqueles eram demasiado acentuados para serem planificados sem risco de criação de mais danos em redor, designadamente nas missangas mais próximas. Além disso, seria necessário injectar cola entre as camadas, uma operação que, no caso de um excesso de cola, poderia originar um significativo aumento de rigidez local e de brilho. Acresce ainda que, de uma forma geral, a planificação não tem grande influência na conservação do papel [16, p. 155].

Nas zonas com rasgões e nas zonas fragilizadas, com o auxílio de sonda, pinça e lupa binocular, foi efectuada microconsolidação com inserção de pequenos pedaços de papel japonês (Tengujo, 11 g/m², Arte & Memória, ref.^a 200639) e adesivo (Tylose MH300 a 4 %) entre camadas do papel perfurado (Figura 7). Esse papel japonês foi escolhido por ser muito fino e resistente e, assim, poder ser inserido entre camadas do papel perfurado sem aumentar significativamente a sua espessura.

Nalgumas zonas não foi possível inserir as fibras de papel japonês entre as camadas do papel perfurado. Nalguns casos o suporte estava demasiado fragilizado, a ponto de não se

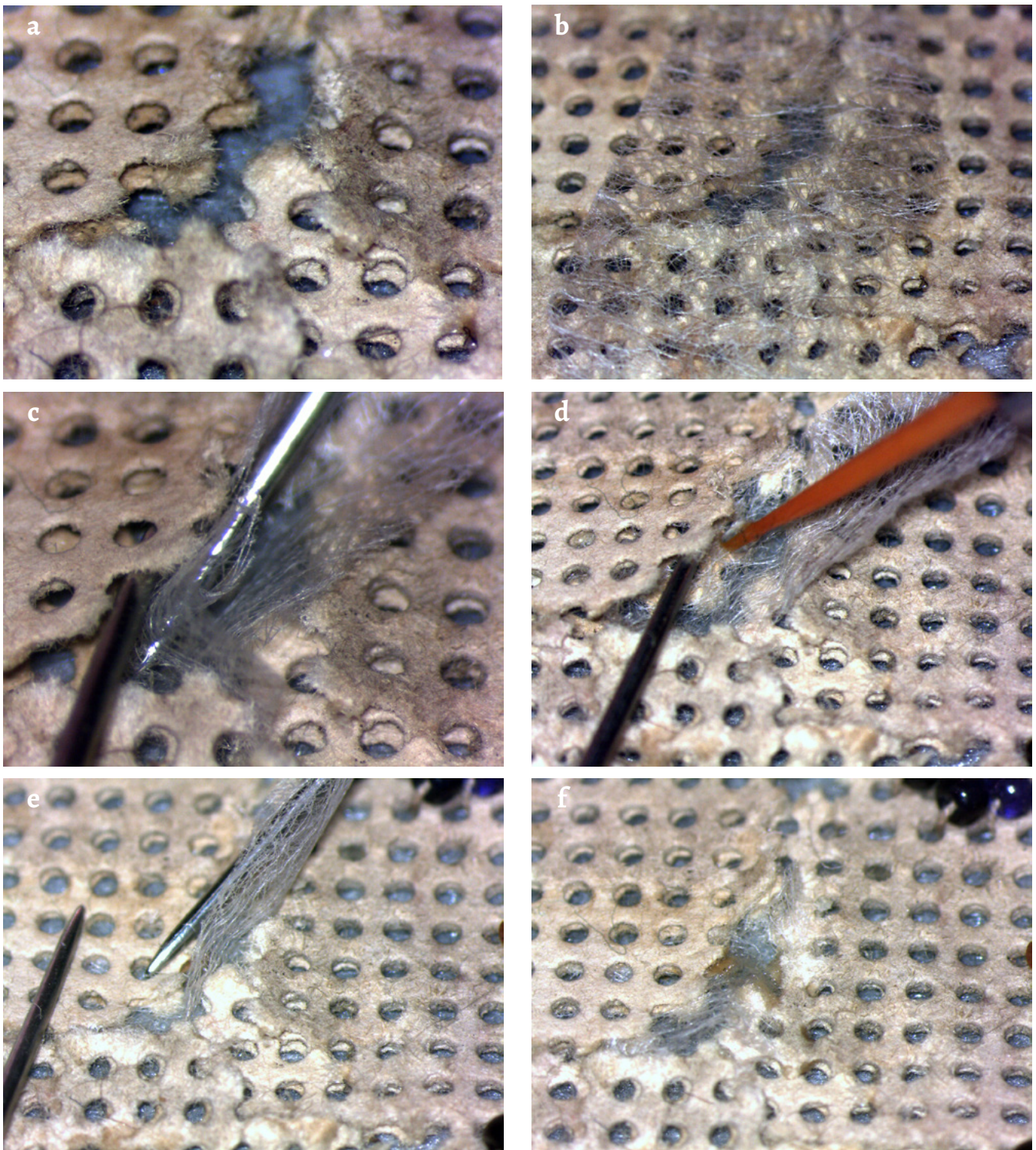


Figura 7. Etapas da microconsolidação do papel perfurado, observadas através da lupa binocular: *a)* zona em risco de destacamento; *b)* colocação de papel japonês; *c)* inserção do papel japonês entre as camadas do papel perfurado; *d)* inserção de Tylose; *e)* aplicação de pressão para auxiliar o processo de colagem; *f)* aspecto final da zona microconsolidada.

conseguir separar as camadas sem provocar significativa perda de material. Noutras zonas existia bordado que podia ser danificado pela abertura das camadas. Nestes casos, as fibras de papel japonês foram aplicadas na superfície do verso do papel perfurado.

Nas zonas de bordado com lacunas ao nível do suporte foi realizado o micropreenchimento de forma semelhante à microconsolidação, ainda que a operação tenha sido

muito mais complicada devido à necessidade de manter as perfurações e deixar as missangas bem posicionadas. Nestas áreas foram inseridas tiras de papel japonês apenas nas zonas não perfuradas do suporte, mas passando-as por entre as linhas, entrelaçando-as com estas, para as missangas ficarem correctamente alinhadas (Figuras 8 e 9). Este processo foi muito delicado e moroso porque as tiras de papel japonês tinham de ser cortadas de forma muito

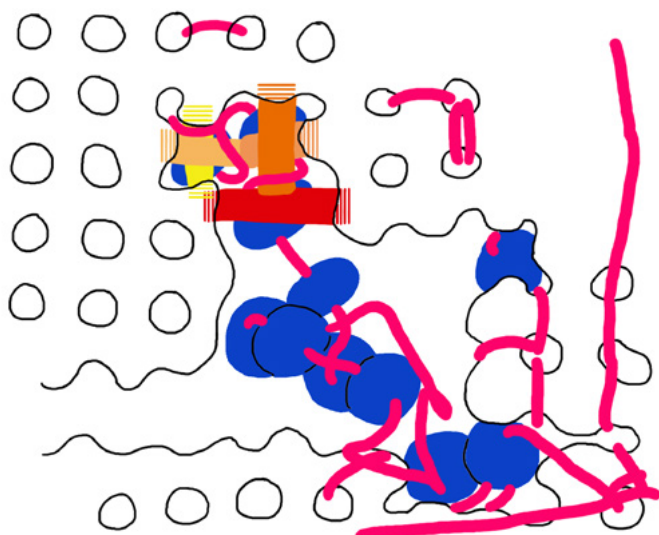


Figura 8. O processo de micropreenchimento de uma lacuna do papel perfurado numa zona com missangas, visto a partir do verso do bordado. A ordem da inserção do papel japonês é representada pela sequência do tom usado na representação, do amarelo até ao vermelho.

precisa, pois com menor dimensão não teriam resistência suficiente para suportar a operação de passagem entre as linhas e com maior largura ultrapassariam a zona não perfurada do suporte e deixariam insuficiente espaço para as linhas. Adicionalmente, para a complexidade do processo contribuíram também o facto de o meio-ponto do bordado estar mal executado, dificultando a percepção da continuidade do mesmo, e as deformações e o mau posicionamento já adquirido pelas linhas devido a estarem sem suporte há demasiado tempo (Figura 10).

União das linhas de algodão

Com o auxílio da lupa binocular, as extremidades das linhas quebradas foram abertas e interligadas com sonda e pinça e unidas com Tylose MH300 a 4 %. De uma forma geral, essa união foi realizada no verso do papel perfurado. As linhas foram unidas tendo em conta a sua situação no momento de intervenção, ou seja, ficaram lassas, porque a tensão que de outra forma seria criada originaria danos nos outros materiais do bordado.

Segunda limpeza do bordado

Após a estabilização do bordado, foi repetida a limpeza, nomeadamente a limpeza geral a seco com pincel e aspirador e a limpeza por via húmida das missangas com mistura de etanol e água. No final desta última verificou-se que ainda existiam resíduos de fibras do cotonete, pelo que foi repetida a limpeza a seco com pincel e aspirador.

No final, conseguiu-se um adequado equilíbrio visual entre as zonas de lacunas de missangas e de papel perfurado sem necessidade de recurso a reintegração cromática.



Figura 9. Aspecto inicial (a) e após micropreenchimento (b) da zona a que se refere o esquema da Figura 8.

Limpeza, planificação e consolidação do papel com revestimento metálico

O papel com revestimento metálico foi limpo com esponja (Smoke Sponge, Preservation Equipment, ref.^a 961-1002), pois a sujidade estava desagregada e era pouco abundante e, por isso, não era necessário aplicar métodos mais agressivos. De seguida, na face exterior do papel (sem revestimento metálico), as dobras e os vincos foram atenuados com cotonete húmido e aplicação de pesos. Embora, de uma forma geral, a planificação não tenha grande influência na conservação do papel, o efeito estético proporcionado pela visibilidade do papel com revestimento metálico através das perfurações do papel perfurado era prejudicado pelas dobras e pelos vincos e, conseqüentemente, considerou-se que esse tratamento era necessário neste caso. As zonas com rasgões e lacunas foram consolidadas, nessa mesma face, com papel japonês Tengujo e Tylose MH300 a 4 %.

Montagem e acondicionamento

O papel perfurado e o papel com revestimento metálico foram reunidos usando a linha original assim como o mesmo ponto e as perfurações originais.

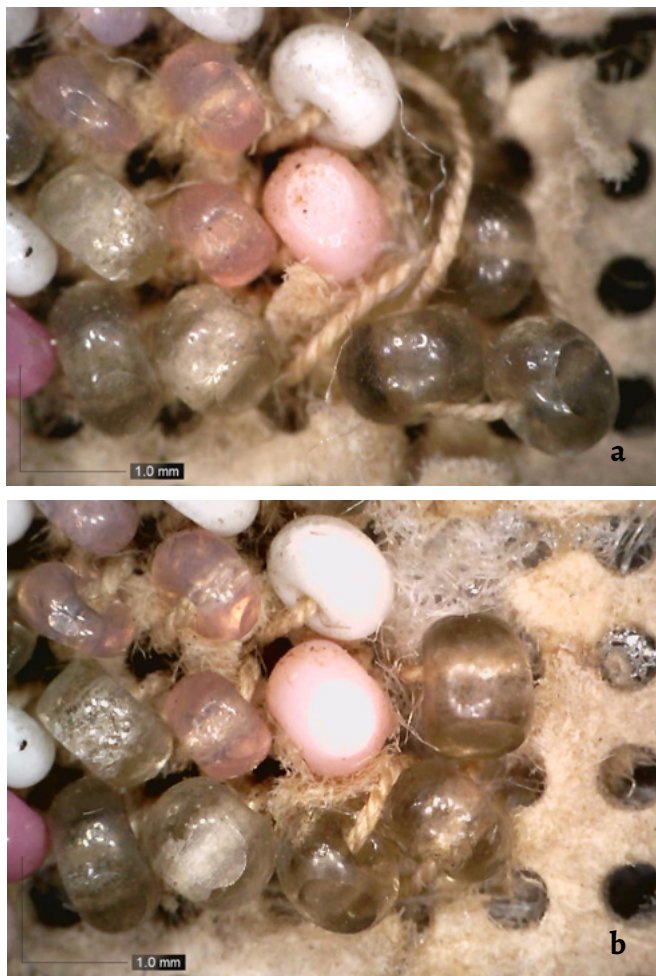


Figura 10. Pormenor do bordado onde ocorreu ajuste da posição das missangas: antes (a) e depois (b) da consolidação e preenchimento.

A obra foi acondicionada num *passepapout* com 365 mm × 432 mm. Este não é de tipo comum porque, além de folha de Melinex, apresenta cinco camadas de cartão (Timecare Museo 100 % Algodón Blanco Hueso, Arte & Memoria, ref.^a 600011) de forma a adequadamente proteger as missangas.

Da base para o topo, as camadas são as seguintes: 1) cartão de suporte, em contacto com o verso da obra; 2) cartão com janela com o exacto tamanho da obra, para que esta se possa encaixar nesta janela; 3) cartão com janela ligeiramente menor do que a obra, com a função de auxiliar na união desta ao *passepapout*; 4) cartão com janela maior do que a anterior, com o objectivo de criar uma altura adicional para protecção da superfície com relevo; 5) folha de Melinex, para impedir a deposição de sujidade; 6) cartão com janela para fixação da folha de Melinex (Figura 11). As camadas do *passepapout* foram unidas no topo com uma fita adesiva (Self-Adhesive Linen Hinging Tape, Lineco, ref.^a L533-1055).

O *passepapout* com a obra foi colocado dentro de uma caixa, que isola o bordado das fontes de sujidade e das variações de temperatura e humidade relativa exteriores, permite um bom manuseamento e reduz as vibrações a que o bordado é sujeito durante o transporte (Figura 12). Para a caixa foi usado cartão cinza (Premier, Arte & Memoria, ref.^a 600089) e um adesivo de acetato de polivinilo com pH=7 (PVA M218, J. Hewit & Sons) habitualmente empregue na construção deste tipo de embalagens de acondicionamento. Com o objectivo de reduzir as vibrações durante o transporte, o *passepapout* foi colocado entre duas placas de espuma de polietileno com 6 mm de espessura (Archival Polyethylene White Foam, Preservation Equipment, ref.^a 170-4235).

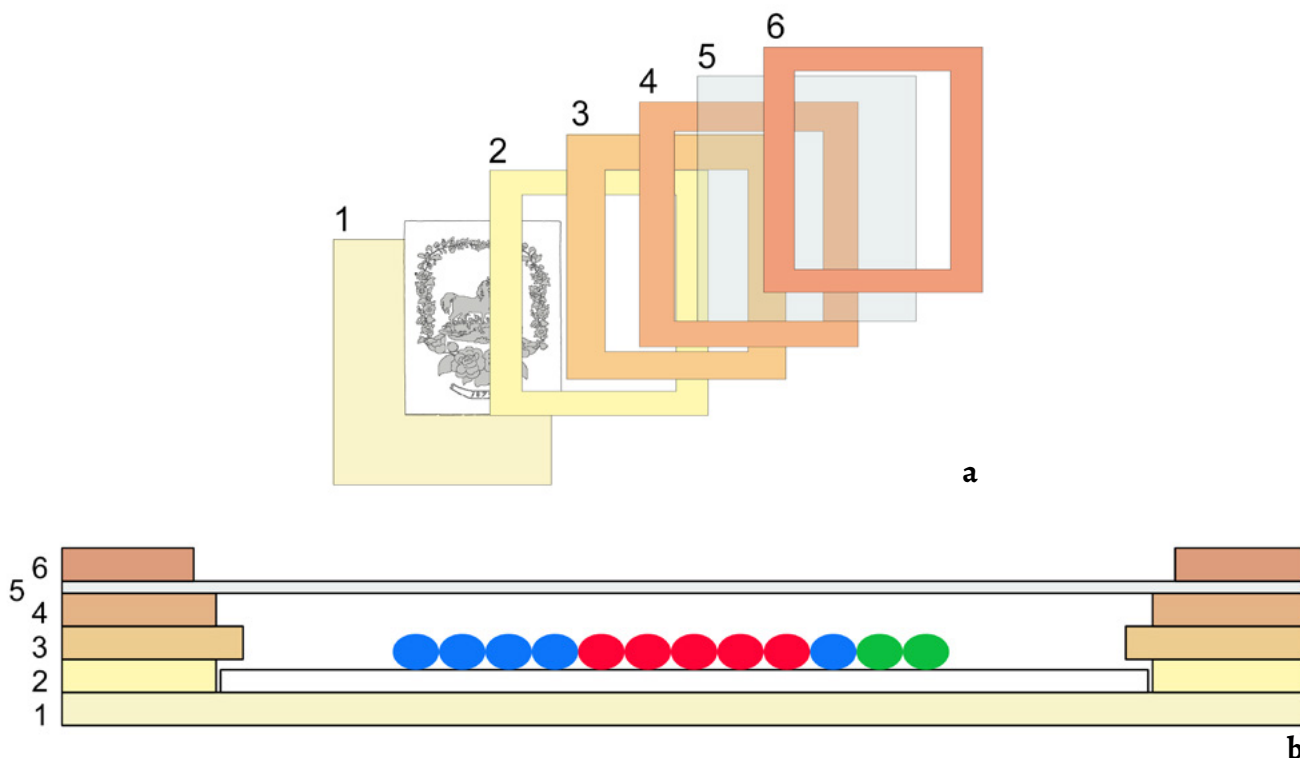


Figura 11. Esquema das camadas do *passepapout*, sequência (a) e vista em corte transversal (b). A descrição das camadas é feita no texto.



Figura 12. O bordado acondicionado dentro da caixa (sem a protecção da placa de espuma).

A forma de acondicionamento e os materiais foram escolhidos de modo a se tentar evitar as condições mais desfavoráveis, quer para a conservação do vidro das missangas, quer para a conservação do papel perfurado, quer para a conservação dos fios de algodão. Com efeito, são diferentes as condições mais adequadas para a conservação de cada um desses materiais, merecendo especial atenção os dois primeiros: o vidro degrada-se mais rapidamente em ambientes com humidade relativa alta, geralmente atingida em ambientes enclausurados, e em contacto com materiais alcalinos, devendo por isso ser mantido num ambiente ácido [17, 18, p. 41]; o papel não é compatível com o ambiente ácido, sendo normalmente acondicionado em ambientes com reserva alcalina. A tentativa de conciliar estes diferentes requisitos levou a acondicionar o bordado num ambiente não enclausurado e neutro.

Conclusão

O tratamento do bordado com missangas em papel perfurado revelou-se uma intervenção difícil e morosa devido ao seu mau estado de conservação, à falta de informação sobre casos semelhantes e à impossibilidade de usar os procedimentos habitualmente seguidos para os diferentes materiais quando estes surgem isoladamente.

Foram especialmente delicadas e morosas as operações de limpeza do bordado no seu todo e de microconsolidação e

micropreenchimento do papel perfurado, mas os resultados foram considerados satisfatórios. Porém, no que diz respeito especificamente às missangas, deve ser mencionada a impossibilidade de consolidação das fissuras e o risco de perda das mesmas que ainda existe.

Quanto ao acondicionamento, este implicou uma solução que procurou um equilíbrio entre os diferentes requisitos de conservação das missangas e do papel perfurado, bem como a manutenção da tridimensionalidade do conjunto.

O resultado final sugere que o tratamento foi bem sucedido, pois, por um lado, permitiu aumentar notoriamente a resistência física da obra e diminuir o risco de perda de missangas e, por outro lado, permitiu reduzir a visibilidade das marcas de degradação do papel e parcialmente recuperar o brilho e a visibilidade originais do bordado. Julga-se, por isso, que o tratamento aqui apresentado poderá ser útil para o estabelecimento do tratamento a usar em casos semelhantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem, no Instituto Politécnico de Tomar, a Gonçalo Figueiredo, Ana Sofia Sousa e Maria Amaral o apoio na realização das fotografias; a Vítor Gaspar, as análises por XRF e por FTIR; a Carla Rego, o apoio na microconsolidação; e a Luís Carreira dos Santos, o apoio na análise microbiológica. Na Universidade Nova de Lisboa, agradecem a Inês Coutinho e Márcia Vilarigues, as informações sobre as missangas e os vidros; e a Sílvia Sequeira, os comentários à primeira versão deste texto.

REFERÊNCIAS

1. Barros, L.; Cruz, A. J.; Loureiro, L., 'Perforated cardboards: a review, based on 19th century sources, of a raw material used in many everyday Victorian objects', *Restaurator* (no prelo), <https://doi.org/10.1515/res-2018-0021>.
2. Lister, A.; Fairbrass, S., 'Necessary compromise: treatment strategies for composite objects', in *Proceedings of the Fourth International Conference of the Institute of Paper Conservation*, ed. J. Eagan, Institute of Paper Conservation, Leigh (1998) 264-272.
3. Ilvessalo-Pfäffli, M.-S., *Fiber Atlas Identification of Papermaking Fibers*, Springer, Berlin (1995).
4. García Hortal, J. A., *Constituyentes Fibrosos de Pastas y Papeles. Morfología, Análisis Microscópico*, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa (1993), <http://hdl.handle.net/2099.3/36484>.
5. Browning, B. L., *Analysis of Paper*, 2.ª ed., Marcel Dekker, New York (1977).
6. Ohern, R.; McHugh, K., 'Deterioration and conservation of unstable glass beads on native american objects', *The Bead Forum. Newsletter of the Society of Bead Researchers* **63** (2013) 1-13.
7. Kistler, C. D., 'A collector's history of perforated paper needlework', Dutch Treat Designs, (2012), http://www.dutchtreat.com/perfpaper/perf_article_2012.pdf.
8. Vincent, M., *The Ladies Work Table. Domestic Needlework in Nineteenth-Century America*, Allentown Art Museum, Allentown (1988).
9. Kidd, K. E.; Kidd, M. A., 'A classification system for glass beads for the use of field archaeologists', *Canadian Historic Sites: Occasional Papers in Archaeology and History* **1** (1970) 46-97.
10. Citrigno, J.-A., 'Needle Arts in Nova Scotian Women's Lives 1752-1938', Nova Scotia Museum, (1998), <https://ojs.library.dal.ca/NSM/article/view/4073>.
11. Sequeira, S. O.; Carvalho, H. P. d.; Mesquita, N.; Portugal, A.; Macedo, M. F., 'Fungal stains on paper: is what you see what you get?', *Conservar Património* **32**, <https://doi.org/10.14568/cp2018007>.
12. Davison, S., *Conservation and Restoration of Glass*, 2.ª ed., Butterworth-Heinemann, Oxford (2003).
13. Muñoz-Viñas, S., 'Minimal intervention revisited', in *Conservation. Principles, Dilemmas and Uncomfortable Truths*, ed. A. Richmond & A. Bracker, Butterworth-Heinemann, Oxford (2009) 47-59.
14. Abdel-Kareem, O., 'Microbiological testing to assess the susceptibility of museum textiles conserved with polymers to fungal deterioration', in *Polymer Science: Research Advances, Practical Applications and Educational Aspects*, ed. A. Méndez-Vilas & A. Solano, Formatex Research Center, Badajoz (2016) 309-320.
15. Swift, R.; Meek, A. S.; Rode, N.; Komlosy, A., 'A radioactive shamanic apron with glass disease', *The British Museum Technical Research Bulletin* **6** (2012) 25-32.
16. Muñoz Viñas, S., *La Restauración del Papel*, Editorial Tecnos, Madrid (2010).
17. Koob, S. P., 'Cleaning glass: a many-faceted issue', in *Objects Specialty Group Postprints*, ed. V. Greene & P. Griffin, The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, Washington (2004) 60-70.
18. Lovell, A., 'Glass Bead Deterioration of Ethnographic Objects: Identification, Prevention, and Treatment', tese, John F. Kennedy University, (2006).

RECEBIDO: 2018.12.9

REVISTO: 2019.1.28

ACEITE: 2019.2.13

ONLINE: 2019.3.7



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>.

Remoção de óxidos de ferro de uma fonte ornamental quinhentista pertencente à Quinta da Cardiga (Torres Novas, Portugal)

NUNO PEREIRA^{1*}
MARCO ROCHA¹
MANUEL ROSA^{1,2}
FERNANDO COSTA^{1,2}

1. Instituto Politécnico de Tomar, Estrada da Serra, 2300-313 Tomar, Portugal

2. Techn&Art – Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes, Instituto Politécnico de Tomar, Estrada da Serra, 2300-313 Tomar, Portugal

* nunomonteiropereira@gmail.com

Removal of iron oxides from a sixteenth century ornamental fountain belonging to Quinta da Cardiga (Torres Novas, Portugal)

Resumo

A fonte ornamental em mármore e brecha, atualmente em processo de restauro, é uma obra quinhentista italiana integrada no Palácio da Cardiga (Torres Novas, Portugal). Nas ligações entre os vários elementos constituintes encontravam-se inseridos espigões em ferro num estado de corrosão avançado, originando intensas manchas de óxidos metálicos na superfície pétreo, suspeitando-se que esses óxidos poderiam ter migrado em profundidade através da estrutura porosa do material. Perante isso, foram efetuados ensaios, recorrendo a leituras espectrofotométricas no espaço CIELAB, com ditionito de sódio e citrato de amónio. O ditionito de sódio revelou exercer uma ação de limpeza substancialmente superior à do citrato de amónio. Após a finalização do tratamento com o quelante que demonstrou maior eficiência nos ensaios, procedeu-se a uma verificação da sua ação abaixo da superfície do mármore. Constatou-se que a cerca de 1 mm de profundidade o material continuava contaminado sendo o contraste de cor com a superfície tratada bastante evidente.

Abstract

The ornamental fountain in marble and breccia is a 16th century Italian work integrated in the small courtyard of the Cardiga Palace (Torres Novas, Portugal) currently in restoration process. The iron spikes used to connect the constituent elements were corroded and contaminating the base stone elements surfaces with intense stains of metallic oxides. There was a suspicion that, apart the surface, these oxides could have migrated in depth through the porous structure of the material. The performance of the iron oxides removal tests was evaluated using optical measurements in the CIELAB color space after each chelant application. Sodium dithionite was found to exert a substantially higher cleaning action than ammonium citrate. After finishing the treatment with the most efficient chelant, the chelating action was verified below the surface of the marble. It was found that at the depth of 1 mm the material remained contaminated with iron oxides, with an evident color contrast with a treated surface

PALAVRAS CHAVE

Conservação
Restauro
Mármore
Quelantes
Espectrofotometria

KEYWORDS

Conservation
Restoration
Marble
Chelants
Spectrophotometry

Introdução

A fonte ornamental em mármore e brecha (Figura 1) é uma obra quinhentista italiana [1] que integra atualmente o pátio pequeno do Palácio da Cardiga, em Torres Novas, classificado como imóvel de interesse público desde 1952 [2].

A referida fonte encontra-se implantada ao ar livre. Como tal, para além do contacto com água inerente à sua tipologia, o material constituinte tem estado sujeito a amplitudes térmicas cíclicas, bem como a outros agentes de degradação, quer ambientais quer estruturais, de que resultaram danos particularmente comprometedores para a sua conservação. A necessária intervenção de conservação e restauro obrigou à desmontagem e transporte do bem artístico para laboratório.

Nas ligações entre os vários elementos constituintes foram inseridos espigões em ferro, os quais se encontravam num estado de corrosão avançado. A implementação desses espigões foi provavelmente feita aquando da remontagem da fonte na Cardiga, que terá ocorrido há cerca de um século, altura em que Luís Sommer, antigo proprietário, adquiriu vários bens culturais em Itália [3]. Praticamente todos os elementos que comportavam os espigões encontram-se fraturados, fraturas essas que irradiam dos respetivos orifícios. A par disso, os produtos da corrosão do ferro originaram manchas densas, de cor castanha escura, nas imediações dos locais onde os espigões se encontravam.

Para uma mancha de ferro se formar é necessário existir uma fonte de ferro e humidade suficiente para a corroer. Isso ocorre quando o ferro está em contacto com água ou quando a humidade relativa ultrapassa os 65 % [4]. Quando o ferro corrói, formam-se iões de ferro(II) que se difundem através da água, causando a mancha por precipitação. Precipitam como hidróxido de ferro(II), um material branco ou incolor, que na presença de oxigénio é prontamente oxidado a um dos óxidos de hidróxido de ferro(III) [4]. Esses oxi-hidróxidos de ferro são muito estáveis e pouco solúveis [5-6], com tendência a concentrarem-se mais à superfície do material pétreo e menos em profundidade [7]. Todavia, apesar da baixa solubilidade, é possível que se tenha processado uma migração para zonas mais internas do material, devido às condições ambientais já referidas, ao longo período de exposição ao ferro oxidado e ao mau estado de conservação do substrato pétreo.

O projeto de conservação e restauro para a fonte previa a sua remontagem no local onde se encontrava, bem como a reposição da funcionalidade do respetivo sistema hidráulico. A maioria das áreas manchadas, que resultaram do contacto entre o material pétreo e os espigões oxidados, voltaram a ficar ocultas após a colagem dos fragmentos, não representando, assim, distúrbios de ordem estética significativos. Contudo, o restabelecimento do contacto permanente com a água deverá promover a continuidade da migração dos óxidos concentrados nas zonas mencionadas



Figura 1. Fonte ornamental em mármore e brecha localizada no pátio pequeno do palácio da Cardiga.

e sua readsorção pelo material pétreo. As marcas existentes em vários elementos da fonte confirmaram, desde logo, a ocorrência desse fenómeno, uma vez que se observaram manchas mais esbatidas e extensas em superfícies não expostas ao contacto direto com os espigões. As manchas também podem resultar em danos físicos na pedra, tais como fissuras, que surgem como resultado da expansão do volume dos minerais oxidados e hidratados [7]. A remoção desses óxidos constituiu, portanto, um ato de elemental prudência, tendo em conta a fragilidade do material e a necessidade de prolongar no tempo os efeitos da intervenção.

As intervenções no património histórico devem pautar-se pela tomada de decisões metódicas, criteriosas e cientificamente avaliadas. A tipologia da rocha, o seu estado de conservação e as possíveis interações de produtos químicos com o material constituinte são alguns dos fatores condicionantes da definição dos procedimentos. Com efeito, a utilização de determinados quelantes em rochas carbonatadas pode ser inadequada ou implicar cuidados específicos, devido à sua afinidade com os iões cálcio. O ditionito de sódio e o citrato de amónio estão referenciados como eficazes na remoção de manchas de óxidos de ferro da superfície do mármore [6, 8], sendo dos que menos interferem com a sua constituição. Ainda assim, podem provocar danos, mesmo que pouco significativos.

O uso mais comum do ditionito de sódio (doravante DTS) em conservação e restauro é como agente redutor, na remoção de manchas de ferro em materiais orgânicos e inorgânicos [4]. A remoção dos óxidos pode ser conseguida usando apenas DTS em solução. Contudo, é recomendada a mistura de um complexante que se ligue aos iões de ferro(II), evitando a sua reprecipitação causada pela oxidação [4-6]. Importa referir, no entanto, que existe a possibilidade de esse tipo de compostos causarem danos no substrato do material, formando complexos solúveis com outros iões que não sejam ferro [4].

Relativamente ao citrato de amónio (doravante CTA), a sua utilização na limpeza de materiais pétreos é bastante recente. A eficiência do CTA como agente de limpeza relaciona-se com a sua capacidade para se associar a vários metais e formar complexos estáveis, frequentemente solúveis em água. O ferro(III) é prontamente complexado por iões de citrato; todavia, tem também propriedades quelantes perante iões cálcio, podendo formar complexos de citrato de cálcio, o que torna o seu uso nas rochas carbonatadas sujeito a cautela [8].

A dissolução da calcite, após a exposição aos quelantes, ocorre sobretudo no período inicial de contacto e tende para valores nulos com o decorrer do tempo [5-6]. A eventual necessidade de efetuar repetidas aplicações resulta também na repetição desse efeito indesejável. Torna-se assim importante reduzir o número de aplicações, uma vez que o prolongamento no tempo de cada aplicação não acarreta mais danos.

A monitorização dos efeitos dos tratamentos com as soluções quelantes pode ser efetuada espectrofotometricamente

através de leituras no espaço CIELAB. Este derivou de uma transformação matemática do espaço CIEXYZ. O objetivo foi criar um espaço de cor linear em que a distância entre os pontos que definem as cores individuais seja proporcional à diferença perceptual entre elas. Assim, qualquer cor pode ser caracterizada por coordenadas que traduzem a sua luminosidade, tonalidade e saturação. As coordenadas em L^* indicam a luminosidade, do preto (0) ao branco (100), as coordenadas em a^* indicam a gama de cor que vai do verde (-128) ao vermelho (+127) e as coordenadas em b^* indicam a gama de cor que vai do azul (-128) ao amarelo (+127) [9]. Tal como descrito matematicamente através da Equação (1), a variação de cor (ΔE) é definida pela comparação numérica entre a amostra e o padrão, ou seja, indica as diferenças absolutas entre as coordenadas.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Os valores ΔE são sempre positivos. Perante valores ΔE entre 0 e 1, a variação de cor não é perceptível ao olho humano; valores ΔE superiores a 5 indicam que o observador consegue visualizar duas cores distintas [9].

Antes de se iniciarem os ensaios, foram estabelecidas algumas diretrizes prévias:

- As experiências incidiram sobre um bem cultural com relevância histórica, artística e patrimonial, pelo que nenhuma ação deveria comprometer de forma alguma esses valores. Esse princípio deveria sobrepor-se aos processos metodológicos necessários para a obtenção de resultados experimentais, caso os mesmos representassem algum risco considerável para a conservação do bem cultural.
- O mau estado de conservação do material podia favorecer a ocorrência de fenómenos inesperados durante os procedimentos, relativamente aos quais não podíamos avaliar os riscos, por não se ter tido conhecimento de estudos relacionados com a remoção de óxidos efetuados sob as mesmas condições. A maioria dos estudos disponíveis acerca da matéria foram efetuados sob amostras de material em bom estado de conservação, por vezes manchadas artificialmente com ferro [5], ou sobre amostras moídas e misturadas com hidróxido de ferro [6]. Por esse motivo, utilizaram-se formulações químicas e métodos de aplicação já estudados e descritos como menos nocivos, mesmo que tal implicasse uma eficácia de limpeza inferior.

Ensaio espectrofotométrico no espaço CIELAB

Dada a aparente migração dos óxidos em profundidade, julgou-se provável ser necessário um elevado número de

aplicações até se obterem resultados satisfatórios. Perante essas circunstâncias, foi necessário avaliar qual dos quelantes seria mais eficaz na remoção das manchas de óxidos de ferro, de forma a limitar ao mínimo o número de contactos do substrato pétreo com o composto quelante. Essa avaliação foi efetuada através da determinação da variação de cor no sistema CIELAB.

Os exames incidiram sobre dois grupos, cada um constituído por quatro manchas de óxidos, localizadas nas proximidades das superfícies que formavam os orifícios onde se encontravam alojados os espigões de ferro oxidados. A distribuição das amostras pelos dois grupos foi efetuada de forma a existir equilíbrio entre ambos no que respeita à intensidade da cor das manchas e à tipologia da superfície. Num grupo (DTS) foi testada uma solução de ditionito de sódio, no outro grupo (CTA) uma solução de citrato de amónio. A cor da pedra não manchada foi tomada como referência para monitorizar a progressão da remoção dos óxidos ao longo de três aplicações dos agentes quelantes.

As características das superfícies manchadas impuseram algumas limitações à amostragem. As manchas mais intensas localizavam-se em faces de fratura, nas áreas que formavam os orifícios. A irregularidade dessas áreas podia impedir o equipamento de nos fornecer leituras fidedignas. Por esse motivo, foram selecionadas manchas que apresentavam superfícies mais planas, nas proximidades das áreas mencionadas, as quais se encontravam forçosamente menos contaminadas. A falta de homogeneidade da cor dessas manchas e a necessidade de se efetuarem várias leituras à medida que o tratamento avançava levantam outra problemática: os pontos exatos de medição, após cada aplicação de agente quelante, deveriam ser os mesmos. Esse procedimento foi de difícil reprodução e as diferenças no local exato de leitura poderiam ter impacto nos valores de ΔE calculados.

Como já referido, após se efetuarem as leituras espectrofotométricas, pretendeu-se determinar os valores ΔE das superfícies manchadas com óxidos de ferro relativamente a uma superfície não manchada. Pelos motivos acima mencionados, foram efetuadas nove leituras em cada área de teste, para a obtenção de um valor médio para as coordenadas L^* , a^* e b^* antes do tratamento (MI), após cada uma das etapas de aplicação dos dois quelantes mencionados (M1, M2 e M3), e numa superfície não manchada (MB). Pretendeu-se que este procedimento e o cálculo do valor médio das leituras contrariasse eventuais diferenças causadas pela dificuldade da leitura exatamente nos mesmos pontos.

Assim, em cada amostra foi definido um ponto e tomado como referência para as leituras das coordenadas L^* , a^* e b^* numa área delimitada da mancha. As leituras foram efetuadas de modo a que a área analisada pelo equipamento abrangesse sempre o ponto de referência pré-definido. Os valores de cada coordenada, resultantes

da média aritmética obtida nas nove leituras efetuadas antes da aplicação dos agentes quelantes, representam a cor inicial das superfícies submetidas aos exames. Em cada mancha foram também efetuadas leituras após cada etapa de tratamento, cujos valores foram obtidos de forma similar e representam a cor das mencionadas superfícies após cada aplicação dos produtos. Uma superfície isenta de manchas de óxidos de ferro foi também sujeita a leituras, de acordo com o mesmo procedimento. Essas leituras foram efetuadas após limpeza da sujidade superficial e desinfestação biológica do material pétreo.

Foram então calculados os valores ΔE (Tabela 1) entre a cor da pedra não manchada e a cor de cada mancha antes do tratamento (RB) e os valores ΔE entre a cor da pedra não manchada e a cor das manchas após cada ciclo de tratamento (R1, R2 e R3).

Tabela 1. Valores de ΔE entre a cor da pedra não manchada e a cor de cada mancha antes do tratamento (RB) e entre a cor da pedra não manchada e a cor das manchas após cada ciclo de tratamento (R1, R2 e R3).

Amostra	RB	R1	R2	R3
DTS1	33,66	23,04	21,67	13,93
DTS2	44,79	40,57	36,02	26,26
DTS3	34,65	31,66	21,39	12,78
DTS4	22,84	20,55	9,74	5,44
CTA1	31,19	27,01	26,92	26,02
CTA2	33,03	28,72	26,29	24,07
CTA3	41,63	41,13	37,90	35,22
CTA4	30,49	12,45	12,08	9,49

Posteriormente, relacionou-se o valor RB com o valor R3. Essa análise permitiu avaliar a progressão da remoção superficial dos óxidos de ferro entre aplicações de ambos os quelantes, bem como estabelecer uma relação entre essa progressão e a intensidade inicial da mancha.

Os valores de RB, R1, R2 e R3 foram calculados com recurso às Equações (2) e (3) (com $i = 1, 2$ e 3):

$$RB = \sqrt{(L_{MB}^* - L_{MI}^*)^2 + (a_{MB}^* - a_{MI}^*)^2 + (b_{MB}^* - b_{MI}^*)^2} \quad (2)$$

$$Ri = \sqrt{(L_{MB}^* - L_{Mi}^*)^2 + (a_{MB}^* - a_{Mi}^*)^2 + (b_{MB}^* - b_{Mi}^*)^2} \quad (3)$$

Os ensaios foram realizados com um espectrómetro CM 700D da Konica Minolta, com as seguintes condições operatórias: iluminação di/8°, área com 6 mm de diâmetro; observação a 10°; iluminante D65; componente especular incluída (SCI).

Preparação e aplicação das soluções dos agentes quelantes

A ferrugem, como é vulgarmente conhecida, consiste numa variedade de oxi-hidróxidos de ferro(III) ou óxidos hidratados de alta estabilidade e baixa solubilidade [5]. A solubilização dos compostos de ferro(III) é facilitada em meios ácidos. No entanto, soluções com pH baixo são muito prejudiciais para as rochas carbonatadas. Portanto, manter um pH apropriado é fundamental para preservar o material calcário. Para além disso, muitos agentes quelantes são instáveis em baixos valores de pH. Por outro lado, em valores de pH elevado, os metais tendem a formar hidróxidos insolúveis, que são menos acessíveis aos agentes quelantes [4, 6]. Soluções com pH próximo de neutro (entre 5 e 8) são preferíveis para tratar bens do património cultural [4].

Os métodos atuais para a limpeza de óxidos envolvem a aplicação de diferentes agentes redutores e agentes ligantes ou complexantes [5]. Os agentes redutores são capazes de reduzir quimicamente as manchas de ferro(III) para ferro(II), muito mais solúvel. Os agentes complexantes são compostos que podem reagir com iões metálicos para formar compostos de coordenação [4, 6].

O ião ditonito reage facilmente com a água, mesmo na ausência de oxigénio atmosférico, decompondo-se em várias espécies que contêm enxofre. Para além disso, essas novas espécies podem reagir com os iões ditonito que restam na solução, empobrecendo ainda mais a concentração dos mesmos [4]. A aplicação de soluções pobres em agente redutor compromete, como é expectável, a sua eficácia de limpeza, o que pode originar a necessidade de repetir mais vezes o tratamento, sujeitando assim o substrato pétreo a agressões desnecessárias.

Uma solução recém-preparada de DTS deve ser incolor e ter um pH próximo de neutro. A agitação rápida da solução deve ser evitada. Se apresentar coloração e acidez, tal significa que o DTS se decompôs. A decomposição do ião ditonito, incolor, confere uma cor amarelada ou alaranjada às soluções de DTS, por causa da formação de compostos com o enxofre elementar e iões polissulfureto, e faz com que o valor de pH diminua e acelere ainda mais a reação. Esses produtos de decomposição podem reagir com os iões de ferro, precipitando-se outros produtos de corrosão muito mais difíceis de dissolver do que a mancha de ferro inicial [4]. Ora, pelos motivos já mencionados, não será de todo conveniente que tal suceda. Será necessário monitorizar o tratamento e remover o produto aplicado ao primeiro sinal de alteração de cor. Acresce que, a decomposição do ião ditonito, para além de implicar e estar relacionada com a descida do pH, é também acelerada em concentrações elevadas, a temperaturas mais altas e por outras espécies com enxofre geradas pelo processo de decomposição. A título de exemplo, a 23 °C, o ião ditonito diminui 50 % da sua concentração em 17 h a pH = 7, em 1,5 h a pH = 6 e em 10 min a pH = 5. Se a temperatura aumentar de 23 °C para 60 °C,

a pH = 6, o período para que a concentração do ião ditonito diminua para metade é de apenas 6 min em vez de 1,5 h [4]. No decurso de um tratamento de conservação e restauro, quando o oxigénio atmosférico está presente, a diminuição da concentração de DTS nas soluções é ainda mais rápida, provocando também a diminuição do pH que, por sua vez, acelera ainda mais a decomposição do ião ditonito.

Os condicionalismos acima descritos, referentes à instabilidade do DTS em solução, podem ser difíceis de controlar em contexto de intervenção de conservação e restauro. Mas, como visto, é fundamental para o sucesso do tratamento e para a salvaguarda da matéria tratada que o produto se encontre em bom estado na altura da aplicação e que assim se mantenha durante o período de contacto necessário para a remoção das manchas de ferro.

Como já referido, a dissolução da calcite após a exposição aos agentes quelantes ocorre sobretudo no período inicial de contacto e tende para valores nulos com o decorrer do tratamento [6, 8]. Ao contrário do que sucede com a repetição de aplicações dos produtos, o prolongamento do tempo de contacto de cada uma delas não resulta num aumento significativo de dissolução do cálcio. Por sua vez, a interação do DTS com o ferro(III) continua a ocorrer por bastante mais tempo [6], embora também diminuindo gradualmente de intensidade.

O DTS altera a cor das manchas de ferro para incolor [4]. Quando o DTS da mistura aplicada na mancha entra em processo de decomposição, a tonalidade que a mesma adquire (cor de ferrugem), e que se vai intensificando, pode ser entendida como resultado da transferência dos óxidos depositados na pedra para a cataplasma, o que não se verifica. Esse facto pode suggestionar erradamente a manutenção do contacto do produto com a superfície pétreo por mais tempo, podendo provocar mais danos no material, uma vez que, como já se referiu, a alteração da cor da mistura implica também a diminuição do valor de pH.

É importante lavar bem as zonas tratadas de forma a remover os compostos solúveis residuais, tais como os iões de ferro(II), os resíduos de DTS e os seus produtos de decomposição, como enxofre. A diminuição da intensidade da cor da mancha ou o seu desaparecimento pode indicar um efeito de limpeza efetivo. No entanto, esse efeito é temporário se os iões de ferro(II), incolores, não forem removidos por lavagem completa. A recoloração ocorre quando os iões ferro(II) restantes passam novamente, por oxidação, a ferro(III) [4]. A utilização de água desionizada no processo de lavagem tende a solubilizar os iões de cálcio, podendo causar danos na superfície pétreo [8]. Será preferível utilizar para o efeito água normal.

As primeiras soluções de DTS preparadas para utilizar nos procedimentos experimentais, com uma concentração de 3,5 % (m/v) em água desionizada, degradaram-se rapidamente no interior dos respetivos recipientes herméticos, antes de qualquer aplicação, adquirindo a coloração amarelada característica.

Num estudo recente, foi usado carbonato de amónio como tampão em soluções com DTS [5]. Com vista a alcançar uma preparação de DTS mais estável, procedeu-se à realização de algumas experiências (não constam deste estudo) para se verificar a interação do carbonato de amónio e do bicarbonato de amónio com o pH das soluções. As soluções DTS a 3,5 % (m/v) apresentavam um valor de pH próximo de neutro (6,6), tal como se pretendia. Ao se adicionar gradualmente (gota a gota) uma solução de bicarbonato de amónio a 15 % (m/v) o valor de pH foi diminuindo. O mesmo sucedeu ao se adicionar uma solução de carbonato de amónio a 15 % (m/v). Quando se adicionou gradualmente carbonato de amónio à solução de DTS que continha bicarbonato, o valor de pH subiu. Interrompeu-se a adição de carbonato de amónio quando a solução atingiu um valor de pH próximo de neutro. A solução resultante permaneceu incolor durante vários dias num recipiente hermético.

A solução de DTS, bicarbonato de amónio e carbonato de amónio, que se manteve em observação, foi aplicada, em forma de gel, numa superfície pétrea e tapada com película de polietileno para minimizar o contacto com o oxigénio atmosférico. Começou a adquirir alguma coloração passadas aproximadamente 24 horas.

O comportamento da solução resultante das experiências acima mencionadas foi considerado adequado, no que respeita à sua estabilidade, para os ensaios de remoção dos óxidos de ferro da fonte ornamental, tendo-se estabelecido a seguinte composição: para 500 ml de solução de DTS a 3,5 % (m/v) adicionaram-se, por esta ordem, 4,5 ml de solução de bicarbonato de amónio a 15 % (m/v) e 4,5 ml de solução de carbonato de amónio a 15 % (m/v).

Neste estudo, optou-se por não se adicionar qualquer agente complexante às soluções. Considerando como agravante as alterações/degradações do mármore que constitui a fonte ornamental, a utilização desses compostos implicaria correr mais riscos, designadamente o de potenciar a ocorrência de danos no material por reação com a calcite.

À quantidade de solução necessária para cada aplicação adicionou-se, como agente gelificante, sílica micronizada. O gel foi aplicado em camadas espessas (aprox. 1 cm) e coberto com película de polietileno. Definiu-se que as cataplasmas permaneceriam sobre as manchas de ferro até que comesçassem a sofrer alterações de cor e de pH (c. de 24 h). Depois da remoção do gel, após cada uma das três aplicações, as amostras foram cuidadosamente escovadas e lavadas com água corrente (água da torneira).

Relativamente ao CTA, num estudo em que se investigou o efeito de soluções do produto em amostras de mármore [8], foi demonstrado que a solubilidade do cálcio aumenta em função da concentração de CTA e do pH das soluções. O aumento da solubilidade do cálcio com concentrações de CTA mais elevadas deve-se à maior disponibilidade de citrato para a formação de complexos de citrato de cálcio. Uma solução de CTA a 5 % dissolve duas vezes mais cálcio do que uma a 2 %. Soluções com pH mais baixo aumentam

também os valores de dissolução de cálcio. A par disso, nesse estudo, foi também demonstrado que várias aplicações de uma solução de CTA podem produzir mais danos do que uma única aplicação com a mesma duração total, ou seja, quatro limpezas sucessivas de um minuto foram mais prejudiciais do que uma única limpeza de quatro minutos. Tal como sucede com as aplicações de DTS, o prolongamento do tempo de contacto de cada aplicação de CTA não resulta num aumento significativo de dissolução de cálcio. De igual forma, pode ser preferível utilizar uma solução mais concentrada de CTA que, para atingir a mesma eficácia de limpeza, requeira um menor número de aplicações do que uma solução menos concentrada. Os danos na superfície podem ainda ser reduzidos aplicando as soluções de limpeza em cataplasmas cobertos com material estanque, para evitar a evaporação rápida da amónia, proporcionando um valor de pH mais estável. Com efeito, os danos na pedra (referimo-nos a danos imperceptíveis a olho nu) podem ser minimizados através da utilização de um método cuidado e otimizado que contemple sobretudo o valor do pH da solução, a concentração de CTA e a exposição ao ar durante a aplicação. Dessa forma, o CTA pode ser um dos produtos químicos menos prejudiciais para a matriz da pedra [8].

Nos ensaios de remoção de óxidos da fonte ornamental utilizou-se uma solução de CTA a 5 % (m/v) tamponada a pH = 7 com amoníaco. Pelo exposto, pode constatar-se que a ação exercida do CTA e do DTS sobre o substrato pétreo é similar. Por esse motivo, e para que fosse possível comparar os resultados, os procedimentos seguidos na aplicação das soluções de CTA foram os mesmos. Foram aplicadas em forma de gel, tapadas com película de polietileno e deixadas em contacto durante o mesmo período de tempo. O pH das cataplasmas foi sendo monitorizado durante o tratamento, não tendo sofrido alterações significativas. Após cada tratamento, o gel foi removido e a superfície pétrea cuidadosamente lavada.

Resultados e discussão

O gráfico da Figura 2 ilustra a progressão da alteração cromática superficial entre as três aplicações de DTS e de CTR em cada mancha de ferro (R1, R2 e R3). Ilustra também a intensidade da cor das manchas por comparação com uma superfície não manchada (RB).

Como se pode observar no gráfico, as manchas do grupo DTS, comparativamente às do grupo CTA, revelam uma sequência de limpeza mais efetiva no decorrer das três aplicações. A amostra DTS4 foi a que apresentou uma variação de cor mais significativa, tendo sido a que mais se aproximou da cor da pedra não manchada ($\Delta E=0$), atingindo um valor de R3 igual a 5,44. De acordo com o referido na parte introdutória, a perceção de duas cores distintas só é indubitável perante valores de ΔE superiores a 5,0. O valor alcançado nessa amostra indica, portanto,

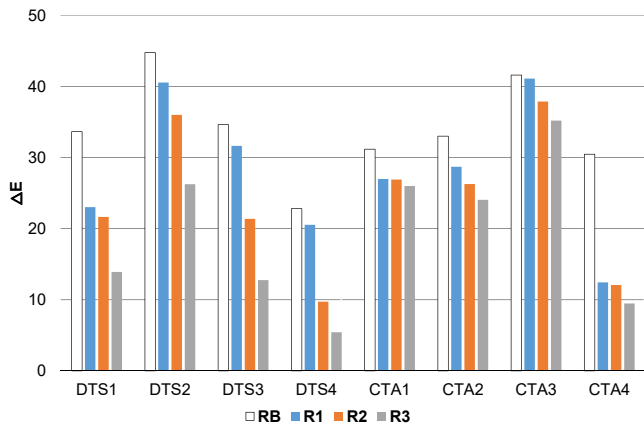


Figura 2. Intensidade inicial da cor das manchas de óxidos de ferro por comparação com uma superfície não manchada e progressão da variação cromática superficial entre três aplicações de DTS e de CTA em cada mancha.

que a coloração provocada pelos óxidos desapareceu da superfície praticamente na totalidade. Tal não sucedeu com as restantes manchas do grupo, as quais, à terceira aplicação, permaneceram com valores de R3 elevados. Relativamente ao grupo CTA, o comportamento da mancha CTA4 foi bastante díspar, observando a intensidade e os resultados de limpeza obtidos nas restantes manchas do grupo, tendo-se atingido um valor de R3 de 9,49.

Como se pode verificar no gráfico, a mancha DTS4 (Figura 3) era a menos intensa inicialmente, o que poderá justificar o resultado de limpeza mais satisfatório. O comportamento da mancha CTA4 poderá eventualmente dever-se a uma menor penetração dos óxidos no substrato pétreo nessa amostra.

Considerando os valores de RB e os valores de R3 correspondentes a cada mancha de ambos os grupos, ou seja, a cor das áreas manchadas após o ciclo de três aplicações e a cor do mármore não manchado, apurou-se que no grupo DTS foi atingida uma eficácia média de limpeza superficial de 60 %, enquanto no grupo CTA apenas se atingiu uma eficácia média de 32 %, sendo a eficácia de limpeza definida como

$$\text{Eficácia} = \frac{(RB - R3)}{RB} \times 100 \quad (4)$$

Em conformidade com os resultados acima apresentados, prosseguiu-se com o tratamento de remoção da totalidade das manchas de óxidos de ferro na fonte ornamental com soluções de DTS. Após três aplicações do agente quelante, a maioria das manchas, tal como sucedeu nos ensaios espectrofotométricos, permaneceram na superfície, umas mais evidentes do que outras. As que permaneceram com coloração mais visível foram submetidas a mais aplicações, num máximo de seis (Figura 4). Utilizou-se o mesmo critério



Figura 3. Resultado do tratamento com DTS na mancha DTS4: a) mancha DTS4 antes do tratamento; b) mancha DTS4 após três aplicações.

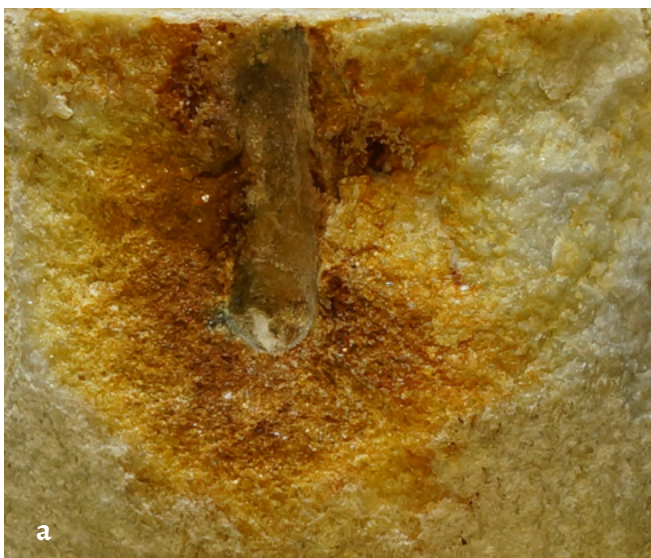


Figura 4. Resultado do tratamento com DTS após seis aplicações: a) aspeto inicial da superfície manchada; b) superfície após o tratamento.

para as manchas já tratadas nos ensaios. Ainda assim, as manchas que inicialmente possuíam uma tonalidade mais escura não desapareceram totalmente da superfície do material. De mencionar que não se detetou, à vista desarmada, a existência de danos na superfície do mármore relacionados com os tratamentos efetuados.

Findos os tratamentos, foi efetuado um desbaste em profundidade, para se verificar a existência ou não de contrastes de cor entre a superfície e o material subjacente, em áreas onde ainda se observavam vestígios de óxidos de ferro e em áreas onde as manchas desapareceram praticamente na totalidade. Nas últimas, efetuado o desbaste, não se detetaram contrastes de cor que indicassem a presença de depósitos de óxidos abaixo da superfície. Quanto às áreas analisadas nas quais as manchas permaneceram visíveis, verificou-se um contraste de cor bastante acentuado quando o desbaste atingiu cerca de 1 mm de profundidade (Figuras 5 e 6).

Com efeito, perante os dados apurados, considerou-se plausível a existência de uma relação causal entre a intensidade da cor das manchas de óxidos presentes na fonte, a penetração desses óxidos na estrutura porosa do mármore e a possibilidade de os remover totalmente utilizando os agentes quelantes estudados.



Figura 5. Processo de desbaste do mármore.



Figura 6. Tonalidade do mármore 1 mm abaixo da superfície tratada.

Conclusões

A utilização de DTS na remoção de depósitos de óxidos de ferro sobre mármore revelou-se um método eficaz para a eliminação de manchas superficiais, muitas vezes causadoras de distúrbios estéticos em artefactos artísticos e no património edificado. Em manchas mais entranhadas na estrutura do material pétreo, o DTS atenua significativamente o efeito inestético; contudo, o número de aplicações necessárias para se obter esse resultado poderá tornar-se excessivo para a estrutura do material. A manutenção dos resultados desses tratamentos implica necessariamente a eliminação da fonte de emissão de ferro ou a supressão do contacto com água e humidade elevada.

No caso concreto, apesar de terem sido removidos todos os espigões de ferro da fonte ornamental, o substrato pétreo, nas áreas limítrofes, continua a albergar depósitos concentrados de óxidos. Acresce que se pretende restabelecer o funcionamento do seu sistema hidráulico, o que implica inevitavelmente o contacto sistemático do material com água (com valores de pH indeterminados) e humidade.

O tratamento levado a cabo na fonte ornamental não teve como objetivo principal motivações de ordem estética, mas sim evitar que problemas estéticos venham a ocorrer no futuro pela continuidade da migração dos óxidos, a par da progressão dos graves danos estruturais causados pelos mesmos. Nesse sentido, os tratamentos efetuados não surtiram efeito, uma vez que depósitos concentrados de óxidos de ferro permanecem no substrato pétreo, com as implicações mencionadas. Quando possível, e em última análise, a remoção mecânica do material contaminado poderá ser indicada.

Para a resolução desse tipo de problemas em estruturas com particularidades idênticas às da fonte ornamental pertencente à Quinta da Cardiga será necessária a contribuição de mais estudos específicos no campo da química e no campo da conservação e restauro, designadamente no que respeita ao desenvolvimento de produtos e técnicas compatíveis com as rochas carbonatadas, que permitam remover, de forma segura, depósitos de óxidos alojados na sua estrutura porosa, ou que impeçam a sua migração.

REFERÊNCIAS

1. Sequeira, G. M., *Inventário Artístico de Portugal. Distrito de Santarém*, vol. 3, Academia Nacional de Belas Artes, Lisboa (1949).
2. 'Decreto n.º 38.673 de 12 de março', Ministério da Educação Nacional - Direção Geral do Ensino Superior e das Belas Artes (1952).
3. Batista, L. M. P., *Cardiga. De Comenda a Quinta da Ordem de Cristo (1529/1630)*, Município de Torres Novas, Torres Novas (2009).
4. Selwyn, L.; Tse, S., 'The chemistry of sodium dithionite and its use in conservation', *Studies in Conservation* **53**(S2) (2008), 61-73, <https://doi.org/10.1179/sic.2008.53.Supplement-2.61>.
5. Spile, S.; Suzuki, T.; Bendix, J.; Simonsen, K. P., 'Effective

- cleaning of rust stained marble', *Heritage Science* **4**(1) (2016), 12, <https://doi.org/10.1186/s40494-016-0081-6>.
6. Macchia, A.; Ruffolo, S.; Rivaroli, L.; La Russa, M., 'The treatment of iron-stained marble: toward a "green" solution', *International Journal of Conservation Science* **7**(1) (2016), 323-332, http://www.ijcs.uaic.ro/public/IJCS-16-SI15_Macchia.pdf (acesso em 2018-3-11).
7. Bams, V.; Dewaele, S., 'Staining of white marble', *Materials Characterization* **58**(11-12) (2007), 1052-1062, <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2007.05.004>.
8. Gervais, C.; Grissom, C. A.; Little, N.; Wachowiak, M. J., 'Cleaning Marble with Ammonium Citrate', *Studies in Conservation* **55**(3) (2010), 164-176, <https://doi.org/10.1179/sic.2010.55.3.164>.
9. Mokrzycki, W.; Tatol, M., 'Colour difference ΔE - A survey', *Machine Graphics and Vision* **20**(4) (2011), 383-411, <https://www.researchgate.net/publication/236023905> (acesso em 2018-6-14).

RECEBIDO: 2018.12.8

REVISTO: 2019.3.11

ACEITE: 2019.4.5

ONLINE: 2019.4.24



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>.

Pensar dentro da caixa: avaliação da eficácia de embalagens em polipropileno para acondicionamento de bens culturais

JOANA REBORDÃO
AMARAL

Parques de Sintra - Monte da
Lua S. A., Parque de Monserrate,
2710-405 Sintra, Portugal

* joana.amaral@parquesdesintra.pt

Thinking inside the box: evaluation of polypropylene boxes for the storage of museum objects

Resumo

Em 2013 foram implementadas novas melhorias nas condições de reserva dos Palácios Nacionais da Pena, de Queluz e de Sintra sob gestão da Parques de Sintra–Monte da Lua. A prioridade inicial foi rentabilizar o pouco espaço disponível para o armazenamento de bens culturais, tendo sido implementada a execução de embalagens em polipropileno, adequadas a cada objeto ou a cada conjunto de objetos, de forma a permitir a sua sobreposição em segurança. Procurou-se desenvolver uma metodologia simples e reprodutível que permitisse uniformização de materiais, métodos e organização nas várias reservas, considerando as diferentes tipologias de objetos existentes. Este artigo pretende partilhar os aspetos práticos desenvolvidos na procura de soluções de acondicionamento adequadas e a avaliação em curso, realizada segundo os agentes de deterioração, que tem motivado alterações significativas na metodologia definida inicialmente. É analisado o contributo das embalagens nas ações de conservação preventiva, eliminando ou diminuindo alguns agentes de deterioração, e na gestão de coleções, ao permitir uma melhor utilização dos objetos em reserva.

Abstract

In 2013 new improvements took place at the storage areas of the national palaces of Pena, Queluz and Sintra administrated by Parques de Sintra–Monte da Lua. The initial goal was to achieve a better use of the little space available by building custom made polypropylene boxes so stacking up could be done safely. We tried to develop a system that was simple and easily repeatable so that identical materials, methods and organization principles could be followed in storage areas in spite of the different characteristics of existing objects. This paper aims to share practical aspects that were developed while searching for an optimal solution to adequately cushion and box museum objects. The ongoing assessment, carried out according to the agents of deterioration, triggered significant changes to the initial methodology. Results of the evaluation of the use of boxes to block or mitigate some agents of deterioration and their contribution to preventive conservation are presented. How these improvements also reflected in collection management and lead to a better use of the collections is also discussed.

PALAVRAS-CHAVE

Reserva
Embalagem
Polipropileno
Agentes de deterioração

KEYWORDS

Storage
Box
Polypropylene
Agents of deterioration

Introdução

A Parques de Sintra – Monte da Lua integrou, no conjunto de propriedades do Estado sob sua gestão, o Palácio Nacional da Pena e o Palácio de Monserrate em 2007 [1]. Em 2012 a estes se juntaram o Palácio Nacional de Queluz e o Palácio Nacional de Sintra [2]. Esta circunstância promoveu, a partir de 2013, a implementação de novas melhorias nas condições de reserva de bens culturais [3]. Estes palácios têm como característica principal estarem instalados em edifícios históricos: o Palácio Nacional da Pena é constituído por duas alas, sendo a primeira construída no século XVI e reformada com a construção da segunda ala no século XIX; o Palácio Nacional de Queluz foi edificado no século XVIII; e o Palácio Nacional de Sintra sofreu as principais campanhas de obras entre o século XIII e o século XVI. O acervo destes palácios é constituído principalmente por mobiliário e artes decorativas em cerâmica, vidro e metais (Figuras 1-3).

Objetivos e identificação de prioridades para bens culturais em reserva

Procuraram-se soluções que permitissem a uniformização e a aplicação de sistemas de acondicionamento replicáveis nos quatro palácios. A metodologia de trabalho foi definida tendo em conta os avanços já desenvolvidos em momentos anteriores. Estes palácios apresentam diferenças significativas nos seus edifícios e nos seus acervos; no entanto, em todos foram identificadas como situações de intervenção prioritária a necessidade de tornar mais efetiva a gestão do espaço e a necessidade de implementar medidas para diminuir o impacto de agentes de deterioração, considerando especialmente os contaminantes, as forças físicas e a dissociação.

Intervenções prioritárias: contaminantes, forças físicas e dissociação

Os contaminantes podem ser sólidos, líquidos ou gasosos [4] e os danos causados nas coleções dependem das reações químicas e físicas que ocorrem entre os diferentes materiais. Em instituições com um número de visitantes muito elevado um dos grandes problemas relacionados com contaminantes é a deposição de poeiras (partículas sólidas) trazidas pelo público.

Nos três palácios referidos o esforço desenvolvido em ações de limpeza de espaços e de acervos é considerável. Tendo em conta que o manuseamento decorrente das ações de limpeza significa sempre um acréscimo de situações de risco para o acervo, e que mesmo nas ações mais cuidadas de limpeza superficial ocorre perda de material original, foi desenvolvido um estudo para se obter uma ideia aproximada do impacto deste agente de deterioração. Foi selecionado o Palácio Nacional de Queluz por ser aquele onde os aspetos logísticos desta recolha perturbariam menos os visitantes. O

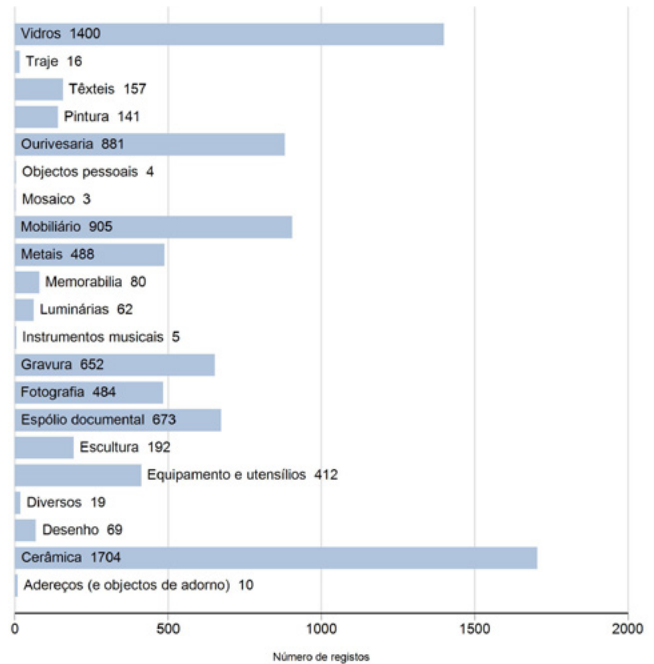


Figura 1. Património móvel do Palácio Nacional da Pena, por categoria.

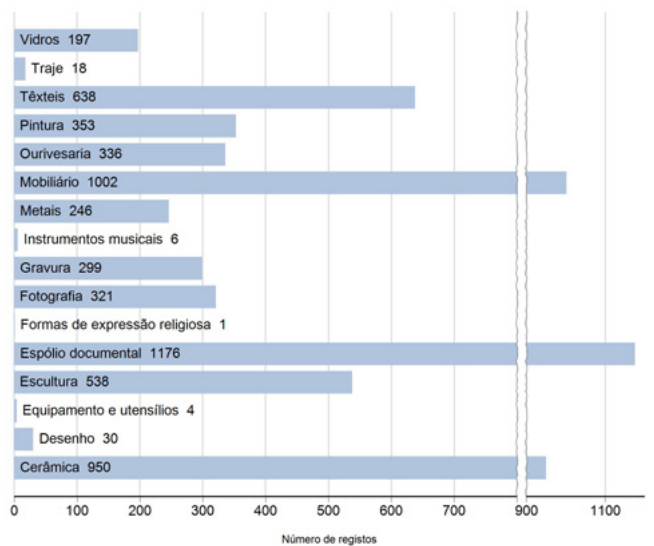


Figura 2. Património móvel do Palácio Nacional de Queluz, por categoria.

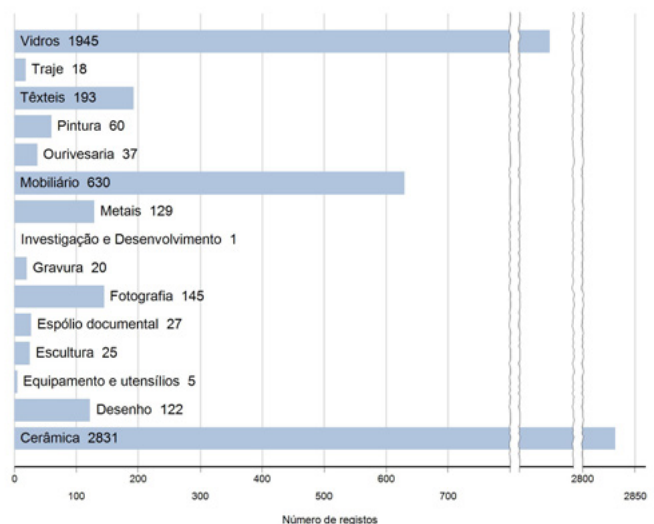


Figura 3. Património móvel do Palácio Nacional de Sintra, por categoria.

mês de março foi selecionado por ser uma época intermédia entre as épocas baixa e alta de afluência de visitantes. Para além dos aspetos apontados, este é um mês com alguma pluviosidade, o que significa uma menor presença de partículas que possam ser transportadas por correntes de ar. Assim, na última semana de março de 2016, foi recolhida toda a sujidade removida por aspiradores, panos, mopas ou qualquer outro método durante a limpeza diária dos espaços visitáveis neste palácio.

Esse estudo preliminar e não publicado permitiu relacionar o pó retirado em ações de limpeza com o número de visitantes correspondente ao mesmo período. Foi pesado o pó obtido em cada dia e relacionado com o número de visitantes do dia anterior, o que possibilitou concluir que, em média, cada visitante é responsável pela entrada no edifício de 0,34 g de pó. Se este valor for multiplicado pelo número de visitantes, então podemos dizer que estes foram responsáveis pela deposição de 64 kg de pó no Palácio Nacional de Queluz quando consideramos, por exemplo, o ano de 2018.

As partículas sólidas podem danificar os bens culturais através de fenómenos de abrasão, favorecendo o ataque biológico por microrganismos e insetos ou potenciando a presença de humidade superficial. Estas partículas também podem agir como catalisadores para reações químicas com outros elementos contaminantes [5-6]. Nas zonas de exposição existem diferentes estratégias para atenuar o impacto deste agente de deterioração [7], mas nas zonas não frequentadas pelo público, como são as áreas de reserva, é menos frequente que essas estratégias sejam aplicadas, quer por carência de recursos quer por impossibilidades inerentes às diferentes características apresentadas por estes espaços.

A deterioração com origem em forças físicas é relativamente frequente e o impacto nos bens culturais é observado pela presença de deformações, abrasão superficial, fraturas ou fendas e lacunas volumétricas com separação ou perda total de matéria [8].

Um outro estudo preliminar e não publicado realizado no Palácio Nacional de Queluz em 2018 sobre danos relacionados com forças físicas, em que foram avaliados 249 objetos (correspondendo a 42 % dos objetos em embalagem na reserva de cerâmica, vidro e metais), demonstrou que 64 % da coleção estudada apresenta danos relacionados com forças físicas (por exemplo, são 12,4 % os objetos com fraturas que foram tratadas, 30,9 % com fraturas que resultaram em perda de material, 34,9 % com fenómenos de abrasão superficial, 33,7 % com lacunas e 10 % com deformações causadas por impacto, sendo que cada objeto pode apresentar mais do que uma das degradações estudadas). É de referir que este estudo não avaliou ou caracterizou a extensão dos danos.

Embora seja possível quantificar estes danos nos objetos que se encontram nas reservas da Parques de Sintra-Monte da Lua, não é possível calcular a frequência em que esta deterioração sucede por não terem sido registados

sistematicamente os dados relacionados com este tipo de ocorrência. Atualmente estes dados são registados em fichas de ocorrência que são preenchidas no momento em que o dano é detetado ou no momento em que este ocorre. Estas fichas sistematizam os dados relativos a danos por forças físicas. Em áreas de reserva, nos últimos seis anos, existiram duas situações deste tipo e apenas uma em que o objeto se encontrava em embalagem. Em nenhuma outra situação de movimentação ou circulação interna de bens em embalagem foram registados danos. Apesar destes registos mais recentes, não é ainda possível tirar ilações relativamente a todos os fenómenos fruto de forças físicas observáveis nos bens culturais.

A dissociação, inicialmente referida como negligência institucional [9], ocorre quando:

- não é possível identificar ou localizar um bem cultural;
- não é possível relacionar um bem cultural com as informações que dele dispomos;
- não é possível identificar ou localizar informações relativas a um bem cultural;
- não é possível reunir todos os elementos constituintes de um bem cultural (por exemplo, quando falta uma ou mais peças ou quando falta um ou mais fragmentos).

Nos três palácios nacionais sob gestão da Parques de Sintra-Monte da Lua existem objetos pertencentes ao acervo cuja inscrição do número de inventário é ilegível, errada, confusa ou mesmo inexistente. Em alguns casos o método utilizado não terá sido o mais correto e os números têm perdido a leitura com o passar do tempo. A existência de números de inventários inscritos que não sejam fiáveis dificulta todas as ações relacionadas com o acervo. A presença de problemas causados por dissociação impede e limita várias ações de gestão e reduz o potencial de utilização de um bem cultural ao não permitir o cumprimento no todo ou em parte das funções museológicas (estudo e investigação; incorporação; inventário e documentação; conservação; segurança; interpretação e exposição; educação) [10].

Intervenções prioritárias: gestão de coleções e gestão de espaço

Quando consideradas as questões relacionadas com a organização de acervos, verificou-se que havia alguma dispersão das coleções por várias áreas diferentes e isso dificultava a sua gestão bem como a implementação de ações de conservação preventiva. Após uma avaliação inicial foram definidas quais as áreas em que seria possível concentrar as coleções mantendo a coerência na sua ordenação e assegurando o acesso a cada bem cultural.

Após a definição das áreas de reserva foram selecionadas estantes e armários de montagem simples. Foi definido que deveriam ter sistemas de encaixe para permitir maior flexibilidade na organização das coleções, através da alteração rápida das distâncias entre prateleiras, e deveriam ser sistemas modulares para serem adaptáveis aos espaços disponíveis e admitirem os

acréscimos necessários no futuro. Sempre que possível foram utilizadas as estantes já existentes.

Paralelamente à seleção das áreas e à reformulação das estantes, iniciou-se a construção de embalagens em polipropileno alveolar branco. As embalagens em polipropileno alveolar branco começaram a ser utilizadas no Museu Nacional de Arqueologia a partir de 1999-2000 no âmbito de uma campanha de melhoria de condições de reserva e desde então essa prática tem sido mantida nesse museu e seguida por outras instituições museológicas portuguesas. No contexto internacional este é igualmente um material considerado adequado para a construção de embalagem ou de contentores para bens culturais móveis sendo do Instituto Canadano de Conservação a primeira publicação que refere instruções para trabalhar com este material [11].

O recurso a embalagens foi a resposta à primeira prioridade, a de otimização de espaço (Figura 4), pois assim seria viável a sobreposição em segurança de objetos ou conjuntos de objetos. Esta é a solução adotada por muitos museus para a organização de objetos de pequenas dimensões, ou de materiais específicos, em áreas de espaço reduzido. No caso das reservas alvo desta reformulação não foi possível recorrer a embalagens já existentes no mercado porque as enormes disparidades nas dimensões apresentadas pelos diversos objetos e pelos vários conjuntos, que interessava manter unidos, tornaria contraproducente a utilização de embalagens standardizadas pois isso significaria maior desperdício de espaço.

A primeira área de reserva onde se colocaram objetos em embalagem foi a reserva de cerâmica e vidro do Palácio Nacional da Pena. Durante a realização destas primeiras embalagens rapidamente se tornou óbvio que haveria vantagens em iniciar o trabalho pelas embalagens de maiores dimensões, pois o material disponível pelas sobras poderia ser utilizado para a construção de tampas ou mesmo embalagens mais pequenas. Assumindo este procedimento,

quase todas as embalagens utilizadas na reserva de azulejos do Palácio Nacional de Sintra foram construídas em simultâneo com as da primeira reserva. Esta atuação significou uma utilização mais responsável do plástico, com menos produção de material excedente.

Foi assim possível, no Palácio Nacional de Sintra, libertar espaços e concentrar os acervos na reserva de azulejos, na reserva de cerâmica, vidro e metais e na reserva de mobiliário, ficando disponíveis alguns espaços para arrumo de outros materiais e retirando o acervo de corredores de passagem. Nestas alterações foram mantidas áreas de reserva consideradas como parte integrante da história do palácio, como é o caso da *casa das loiças* e do *roupeiro da rainha*. Na reserva de azulejos existem atualmente 560 embalagens que substituíram os contentores de maiores dimensões que se encontravam empilhados. Estas embalagens estão em prateleiras, o que facilita o acesso ao acervo. Para a reserva de cerâmica, vidro e metais foram construídas 280 embalagens e ao acervo que já aqui se encontrava foram acrescentadas as coleções de vidro, lustres e as restantes cerâmicas (Figura 5).

No Palácio Nacional de Queluz foram mantidas todas as áreas de reserva, optando-se pela construção de mezaninos em algumas salas, o que tornou possível a quase duplicação do espaço existente. É neste palácio que se têm verificado os melhores resultados em termos de definição de áreas de reserva. As coleções estão agora organizadas por tipologias e, acompanhando esta organização, foram implementados diferentes sistemas, ou seja, foram criadas estantes para mobiliário, prateleiras para embalagens e grades móveis para pinturas de cavalete e outras obras emolduradas. O recurso a embalagens, combinado com os mezaninos, contribuiu para a utilização de quase todo o volume de espaço disponível tirando partido do pé-direito destas salas. Na reserva de cerâmica, vidro e metais foram construídas, até 2018, 225 embalagens que contêm 589 objetos.



Figura 4. Reserva de cerâmica e vidro do Palácio Nacional da Pena, em 18 de dezembro de 2012. O sombreado azul assinala o espaço não aproveitado.



Figura 5. Reserva de cerâmica, vidro e metal do Palácio Nacional de Sintra, em 25 de junho de 2018.

No Palácio Nacional da Pena foram mantidas quase todas as áreas de reserva, tendo sido criada uma reserva exterior ao Palácio – a reserva de Sta. Eufémia – que permitiu libertar a zona correspondente aos antigos aposentos do Príncipe D. Luís Filipe e reorganizar o mobiliário não exposto. A melhoria na gestão de espaço na reserva de cerâmica e vidro e na reserva do torreão permitiu libertar a *cela* (uma das antigas celas durante a utilização do edifício enquanto convento dos monges Jerónimos de Nossa Senhora da Pena, tendo servido de adega durante a utilização do edifício como residência por D. Fernando II). Este compartimento poderá vir a ser integrado no percurso de visita através da sua abertura ao público.

Tomando como exemplo a reserva de cerâmica e vidro do Palácio Nacional da Pena, podemos, relativamente à gestão de espaço, verificar que foi possível um acréscimo superior a 160 % no número de bens culturais aqui acondicionados. Este incremento em quantidade de objetos deveu-se também ao aumento de cerca de 17 m² de área de prateleiras disponível. Para isso foram substituídas as estantes cujas prateleiras tinham 30 cm de profundidade por estantes com prateleiras de 40 cm de profundidade. Nesta reserva estavam organizados, em 2012, cerca de 600 objetos e em 2018 estão cerca de 1600 objetos acondicionados em 403 embalagens.

A atuação relativamente à implementação de ações de conservação preventiva e de gestão de coleções inicia-se com a definição de objetivos e com o consequente estabelecimento de prioridades. Em seguida são desenvolvidas as ações que concretizam os objetivos definidos que, por sua vez, devem ser monitorizadas. A monitorização inclui a recolha e registo de dados para possibilitar a avaliação das ações desenvolvidas. A análise de resultados garante a sua adequação aos objetivos e a boa conservação do acervo. Na sequência desta análise são redefinidos os objetivos e as prioridades.

Avaliação

Selecionar a colocação em embalagem como medida de conservação preventiva significa que o estado de conservação da embalagem deve ser monitorizado para garantir que esta se mantém estável e sem danificar o acervo. Na Parques de Sintra–Monte da Lua a monitorização do acervo, do edifício e dos materiais e equipamentos de reserva e exposição tem lugar mensalmente.

Embora o polipropileno e o polietileno sejam materiais considerados adequados para utilização em contexto museológico por todos os autores e instituições de referência, são também sujeitos a fenómenos de deterioração, particularmente os decorrentes da foto-oxidação. Esta fragilidade não foi considerada como fator suficiente para a exclusão destes materiais pois as reservas estão sempre na obscuridade total havendo apenas luz quando é necessário o trabalho no seu interior. Todas as fontes de luz têm barreiras anti radiação ultravioleta, pelo que o risco é ainda

menor. Ainda assim durante a monitorização procuram-se alterações no aspeto (cor e textura) e nas propriedades físicas (se o material se apresenta quebradiço ou menos resistente). Nos últimos cinco anos nunca foram verificadas alterações nas embalagens.

A avaliação do comportamento das embalagens relativamente aos objetos que contêm foi realizada tendo em conta a capacidade destas em diminuir ou eliminarem os agentes de deterioração, tal como definidos pelo Instituto Canadano de Conservação: roubo, furto ou vandalismo; fogo; água; luz, radiação ultravioleta e infravermelha; agentes biológicos; dissociação; contaminantes; forças físicas; humidade relativa incorreta; e temperatura incorreta [12].

A reflexão a partir do impacto dos agentes de deterioração nos bens culturais é uma prática comum da conservação preventiva, principalmente desenvolvida durante a avaliação de riscos, mas desenvolvida também na avaliação de soluções propostas como sejam, por exemplo, os expositores, os suportes, os materiais de revestimento ou, como no caso do presente artigo, as embalagens e os materiais de acondicionamento.

Embora a utilização de embalagens para colocação de acervo em reserva seja frequente em instituições museológicas, os resultados da sua avaliação, quando existem, não são extrapoláveis para o caso particular dos palácios de Sintra onde não é possível utilizar outros meios de controlo de humidade relativa para além dos meios passivos e em que as condições de ambiente são extremas.

Roubo, furto ou vandalismo

Relativamente a roubo, furto ou vandalismo não foi oportuno realizar uma avaliação, pois os métodos de combate e dissuasão deste agente passam por outro serviço da Parques de Sintra–Monte da Lua, que é responsável pela vigilância e pelos equipamentos de segurança. Também não há registos de danos deste tipo em áreas de reserva.

Fogo

O fogo tem também sistemas e equipamentos de deteção e de primeira intervenção sob a responsabilidade de outro serviço da Parques de Sintra–Monte da Lua. Em ambos os casos, fogo e roubo, furto ou vandalismo, é expectável que a presença da embalagem seja irrelevante. É previsível que estas embalagens ofereçam alguma proteção relativamente ao recurso a meios de primeira intervenção no combate ao fogo, na medida em que conseguirão atenuar os efeitos da água, de agentes químicos, de gases ou de outros materiais utilizados nos equipamentos de combate a incêndios.

Água

Quando consideramos a água enquanto agente de deterioração estamos a observar apenas a água em estado líquido, excluindo portanto fenómenos relacionados com a humidade relativa no ambiente. As embalagens, por serem

construídas em polipropileno e por terem uma tampa que excede e cobre a base, oferecerão uma boa proteção a acidentes relacionados com água (por exemplo infiltrações de águas pluviais ou danos em canalizações). As estantes permitirão resistir a inundações ou excessos de água no pavimento até cerca de 15 cm de acumulação de água, mas se os acidentes provocarem um nível de água que cubra as embalagens estas oferecerão pouca proteção. Tal como nos agentes anteriores não foram registadas ocorrências deste tipo e se existirem boas práticas de manutenção dos edifícios não é expectável que aconteçam.

Luz, radiação ultravioleta e radiação infravermelha

Na Parques de Sintra–Monte da Lua não é avaliado ainda o impacto da radiação no estado de conservação dos bens culturais; no entanto, são definidos os limites de radiação aceitável para a sua exposição, de acordo com valores de referência [13], que são monitorizados regularmente. São utilizadas outras estratégias para diminuir o impacto deste agente de deterioração nos bens culturais, como filtros ultravioleta e cortinas. Sempre que possível, como é o caso das áreas de reserva, os objetos são mantidos na obscuridade.

As embalagens e os materiais de acondicionamento utilizados também se deterioram com a luz. Por esse motivo os materiais são guardados em zonas sem luz direta natural e quer nesses locais quer nas reservas sempre que possível a luz é eliminada completamente. Tal como referido anteriormente, o estado de conservação dos materiais de embalagem e de acondicionamento é monitorizado regularmente.

Agentes biológicos

Por agentes biológicos são referidos aqui apenas os insetos, fungos e outros microrganismos. Estes podem causar deterioração nos objetos que por vezes é típica (como os orifícios de saída dos insetos xilófagos) [14] e outras vezes de identificação mais difícil numa primeira observação (como a alteração cromática, superficial, causada por alguns fungos) [15]. Estes agentes dependem de condições particulares de humidade, de temperatura, de acumulação de sujidade, de circulação de ar e de luz para se desenvolverem [16].

No momento de colocação na embalagem, todos os objetos são alvo de uma monitorização que garante que não existem processos ativos. No entanto, nesta monitorização, em que se recorre apenas à observação visual direta, não é possível garantir que não estejam presentes insetos ou microrganismos que se possam vir a desenvolver mais tarde, particularmente no caso de objetos com materiais orgânicos. A colocação em embalagem impede a deposição de poeiras, onde se encontram com frequência os esporos responsáveis pela propagação de fungos. Por outro lado, a ausência de circulação de ar no interior da embalagem facilita a fixação desses esporos na superfície dos objetos. Todos estes dados devem ser ponderados e está previsto um estudo futuro sobre a relação entre a embalagem e o desenvolvimento de agentes biológicos. Nas monitorizações habituais já foram

detetados pequenos surtos de fungos em desenvolvimento em documentos de papel. Como estes documentos anteriormente estavam em ambientes com elevada humidade relativa não foi possível concluir se esses surtos surgiram antes ou depois da colocação em embalagem.

Dissociação

Os problemas relacionados com a dissociação podem ser divididos em dois conjuntos: quando não se consegue localizar o objeto ou partes do objeto; e quando não se consegue encontrar ou relacionar informações com um objeto. No primeiro caso as dificuldades podem ser resolvidas através de mapeamentos das áreas de reserva, registo da localização de cada objeto e regras de utilização dos objetos em reserva para garantir que qualquer alteração é registada corretamente. No segundo caso esta situação é resolvida pela correta marcação de número de inventário no objeto, pela associação desse número às informações e pela existência de normas de inventário que clarificam a recolha e arquivo de informação [17]. Nos palácios sob gestão da Parques de Sintra–Monte da Lua é utilizado o Matriz 3.0, que constitui o *software* de referência da Direção Geral do Património Cultural para inventário, gestão e divulgação *on-line* de património cultural (móvel, imóvel e imaterial) e natural.

Durante as ações de melhoria de acondicionamento em reserva foram identificadas todas as prateleiras e foi realizado um mapeamento de cada área. Esse mapeamento é atualizado após qualquer alteração. A etiqueta de cada embalagem refere a reserva, o número da embalagem e identifica o objeto (ou conjunto de objetos) através de uma imagem e do número de inventário. Os objetos constituídos por várias peças estão, sempre que possível, acondicionados numa só embalagem. Este procedimento é seguido também no caso de objetos que se encontram fraturados. Desta forma não se separam elementos de um mesmo objeto.

A identificação de um elevado número de casos em que o número de inventário não se encontrava inscrito no objeto ou então era ilegível, incompleto, confuso ou instável originou uma campanha sistemática de inscrição de números de inventário, atualmente em curso. Esta campanha tem sido assegurada com a colaboração de alunos de conservação e restauro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (programa Cuidar de Coleções) e por estagiários. É realizada com o apoio dos conservadores dos palácios e tem permitido resolver os problemas detetados tornando mais fácil a gestão de coleções em reserva.

Contaminantes

A seleção dos materiais constituintes das embalagens e dos diferentes tipos de acondicionamento interior teve em conta a necessidade de evitar a presença de contaminantes. Foram selecionados materiais inertes, ou seja, quimicamente estáveis, que fossem adequados aos níveis de humidade relativa característicos da região de Sintra. Experiências



Figura 6. Exemplo de embalagem e de material de acondicionamento.

anteriores já tinham demonstrado que embalagens em materiais orgânicos naturais, como cartões ou outros derivados da celulose, não eram adequados. Neste tipo de embalagens foram observadas deformações e ataque biológico. Estes materiais celulósicos ao absorverem demasiada água perdem a resistência estrutural e deformam facilmente. A presença da água também favorece a proliferação de alguns tipos de ataque biológico. Em alguns casos os elementos metálicos que reforçam os cantos das embalagens de cartão oxidaram.

Pelos motivos apontados, foi selecionado um material sintético: o polipropileno alveolar branco. Para embalagens mais pequenas com conteúdo mais leve é usado polipropileno de 3 mm de espessura. Para as embalagens maiores ou com conteúdos mais pesados é usado polipropileno de 5 mm. Em ambos os casos trata-se de polipropileno com uma densidade de $0,9 \text{ g/cm}^3$. Este material é facilmente cortado com x-ato, vincado com uma dobradeira, dobrado e com os cantos fixos por botões rápidos niquelados aplicados com um martelo. Apesar destes elementos serem niquelados, nas embalagens colocadas nas áreas de reserva mais húmidas, observam-se fenómenos de corrosão pontual. Estes casos não têm afetado as propriedades físicas quanto à correta fixação da embalagem e não há libertação de produtos de corrosão. Em nenhuma embalagem os elementos de fixação metálicos estão em contacto com os bens acondicionados. O recurso a elementos de fixação dos cantos permite uma grande economia de tempo e material na construção das embalagens. O contacto com colegas de outras instituições e a auscultação das suas experiências veio a excluir a utilização de elementos de fixação em plástico por se quebrarem ou soltarem facilmente em embalagens idênticas com utilização semelhante. Na fixação dos cantos também foi excluída a utilização de adesivos. Não só porque a possibilidade de colagem de polipropileno alveolar é limitada mas também porque excluindo adesivos excluem-se os compostos voláteis que estes possam libertar. Experiências anteriores com fitas autocolantes não tiveram bons resultados.

De acordo com as características dos objetos a acondicionar foram selecionados e podem ser utilizados vários materiais sintéticos: espuma de polietileno de baixa densidade de 2 cm e de 5 cm, polietileno de alta densidade em rolo (Tyvek, 43 g/m^2 e $145 \mu\text{m}$ de espessura) ou polipropileno em rolo (*tissue* de 30 g/m^2), sacos de polietileno de baixa densidade com fecho zip (Minigrip, $60 \mu\text{m}$ de espessura) e granulado de poliestireno (Figura 6).

Como foi referido anteriormente, o contaminante que mais danos causa às coleções destes palácios é a sujidade trazida pelos visitantes sob a forma de finas partículas sólidas, vulgarmente designadas por pó ou poeiras. A deposição destas poeiras obrigava a ações de limpeza frequentes, ações essas muito dispendiosas em termos de recursos e não isentas de riscos. A realização de embalagens protege os objetos em reserva da ação deste agente de deterioração e elimina a necessidade de limpeza superficial regular. Atualmente as ações de limpeza das áreas de reserva dizem respeito apenas à manutenção do espaço em boas condições de higiene sendo limpos os topos das embalagens sem que estas sejam abertas. No caso particular das ações de limpeza, a colocação em embalagem tem como resultado associar a diminuição de riscos relativos à presença de um contaminante com a diminuição de riscos relativos à ação de forças físicas diretas.

Forças físicas

O acondicionamento de bens culturais em embalagem diminui os riscos relacionados com forças físicas diretas. Como já foi referido, existe apenas um registo de danos causados por impacto num objeto acondicionado em embalagem. A embalagem reduz substancialmente o manuseamento na medida em que pode ser movimentada sem que seja necessário retirar o objeto. Este facto garante a ausência de abrasão superficial causada por fricções bem como o risco de impacto direto e a aplicação de pressões em zonas sensíveis por manuseamento incorreto [18]. Em embalagem os objetos são atualmente transportados entre as várias áreas dos palácios com muito maior segurança. Para situações de circulação externa são utilizados outros tipos de embalagem adequados ao transporte e percurso a realizar.

O acondicionamento no interior das embalagens é pensado para:

- suportar a sobreposição de embalagens (o peso das embalagens superiores deve ser suportado pela embalagem inferior e nunca pelo bem cultural que se encontra no seu interior);
- travar movimentos de objetos, ou de partes de objetos, durante o manuseamento e transporte (os objetos, ou partes do objeto, devem estar travados em todos os eixos de movimentação possíveis, independentemente da posição da embalagem, sendo que são previstas e admitidas as inclinações até 45° durante o manuseamento das embalagens);
- assegurar a colocação e remoção de cada objeto na

embalagem em segurança (cada bem cultural deve ser colocado no interior da embalagem sem que neste seja aplicada pressão, sem que exista fricção entre a sua superfície e os materiais de acondicionamento e certificando que a posição final é adequada, ou seja, suportando o objeto sem promover deformações futuras por ação da força de gravidade);

- diminuir o impacto de choques ou vibrações (os inevitáveis pequenos choques que existem no momento de pousar uma embalagem sobre uma superfície, ao encostar uma embalagem a outra ou no caso de haver um embate na mesa ou prateleira em que as embalagens se encontram, devem ser atenuados pela presença de materiais que absorvam o impacto dessas forças);
- garantir a ausência de pressões na superfície dos objetos (os materiais de acondicionamento colocados entre os objetos e qualquer uma das paredes da embalagem devem ter a medida exata da distância entre o objeto e a parede da embalagem; o mesmo deve suceder quando a tampa da embalagem é fechada; assim não existirão pressões no objeto pois a embalagem e o seu acondicionamento são adaptados a este e não o contrário).

Apesar de terem sido avaliados positivamente os resultados relativos às características elencadas anteriormente e não terem sido registados danos, uma reflexão posterior veio a propor alterações no acondicionamento interior das embalagens. Estas alterações surgiram porque nem sempre é óbvia para todos os intervenientes qual a posição

certa do objeto no interior da embalagem e, caso a interpretação não seja correta, o objeto pode estar em risco. Nesse sentido a forma de acondicionamento interior tem evoluído para modelos que permitam a colocação do objeto em qualquer posição garantindo o cumprimento de todos os objetivos (Figura 7). Este procedimento nem sempre é exequível e mantêm-se situações em que o acondicionamento é mais complexo; no entanto, quanto mais complexo for o acondicionamento menos dúvidas tenderão a surgir pois nesses casos o acondicionamento é feito pela criação de um recorte em negativo do objeto em questão (Figura 8).

Estudos preliminares com *data loggers* de vibração (registador de dados força G em 3 eixos VB300 da Extech) têm confirmado a redução do impacto sentido pelo objeto no interior da embalagem. Prevê-se que estes estudos, a desenvolver em 2019, permitam calcular com maior certeza o tipo e a espessura necessárias para o material de acondicionamento, assegurando assim maior qualidade com melhor utilização dos recursos.

Humidade relativa e temperatura incorretas

A maioria dos materiais guardados nas reservas da Parques de Sintra–Monte da Lua é pouco sensível à temperatura (com exceção de provas fotográficas, que apresentam uma sensibilidade média, e de papeis ácidos, que são muito sensíveis). Por outro lado, todos os materiais orgânicos e mesmo a superfície dos materiais inorgânicos podem ser bastante reativos à humidade relativa.

É sobejamente conhecida a relação entre a humidade



Figura 7. Evolução da forma de acondicionamento: a) chávenas guardadas em recorte de negativo em espuma de polietileno; b) chávenas guardadas em intervalos retangulares criados pela colocação de placas de espuma de polietileno na vertical com encaixes entre si. No primeiro caso existe mais espaço para a apreensão de cada chávena e a posição em que esta é colocada é irrelevante.

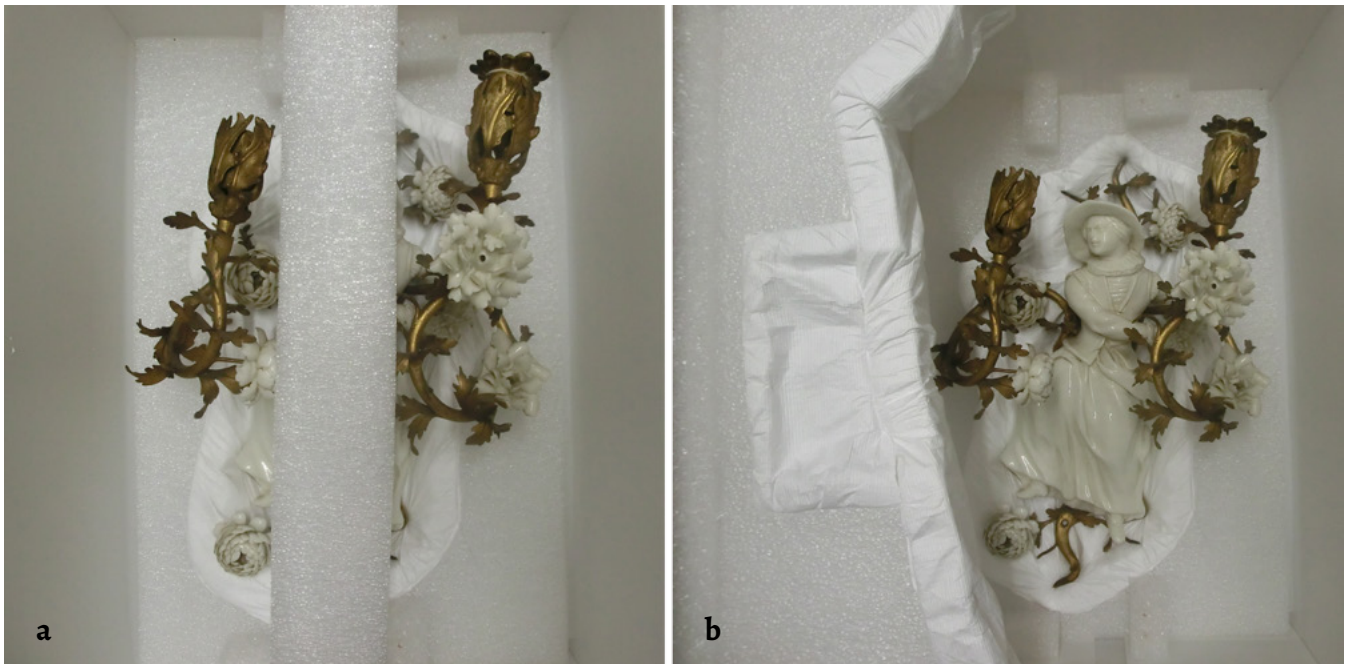


Figura 8. Acondicionamento de PNP1141 com recorte em negativo em espuma de polietileno e elemento de travamento amovível: a) travamento colocado; b) travamento parcialmente retirado e colocado na horizontal para serem mais facilmente visíveis as áreas de contacto direto com o objecto, revestidas a Tyvek.

relativa e a temperatura [19] e a sua ação combinada pode causar danos como alterações formais ou dimensionais, fraturas, aceleração de fenómenos de corrosão, desenvolvimento de fungos, descoloração e desagregação de materiais.

As características do acervo em reserva e a relação entre humidade relativa e temperatura levaram a que estes dois agentes de deterioração fossem avaliados em conjunto.

Tendo em conta o clima caracteristicamente húmido e muito variável presente na serra de Sintra e os valores de humidade relativa conhecidos no interior dos palácios, estes foram os primeiros agentes de deterioração a serem avaliados.

Os ensaios iniciais para o estudo do comportamento das embalagens face a estes agentes de deterioração tiveram lugar no mês de outubro de 2016 na reserva de gesso e estuque do Palácio Nacional da Pena. Foi escolhida esta época do ano por ser a que normalmente apresenta maiores variações de temperatura, havendo ainda dias bastante quentes e dias já bastante frios, o que se verificou durante o estudo. Foi escolhida esta reserva por estar localizada numa das salas com os valores de humidade relativa e temperaturas mais extremos do edifício e porque os materiais aqui acondicionados são extremamente higroscópicos. Tendo em conta estes fatores, havia o receio de, através da embalagem, promover a criação de um microclima prejudicial. A par com a monitorização do estado de conservação dos bens culturais em reserva, foram colocados simultaneamente vários *data loggers* (registadores de humidade relativa e temperatura EL-USB-2-LCD+ Easylog da Lascar) para recolha contínua de dados [20], distribuídos pela reserva para compreender as diferenças entre o ambiente exterior, o ambiente no interior da sala e o ambiente no interior da embalagem (Figura 9). Também se pretendeu perceber se haveria diferenças significativas no interior de embalagens

colocadas em locais diferentes da reserva (perto da parede exterior, perto da parede interior, diretamente sobre a prateleira metálica, no meio ou no topo de um conjunto de embalagens sobrepostas).

Estes estudos foram inicialmente recebidos com entusiasmo porque não foram observadas diferenças que pudessem ser relacionadas com a posição das embalagens em reserva e verificava-se de facto uma diminuição nos picos dos gráficos, ou seja, uma menor amplitude de valores, que era o desejável e que validaria o comportamento da embalagem. No entanto, as características muito higroscópicas dos materiais acondicionados nas embalagens sugeriam a possibilidade destes estarem a agir como agentes tampão, moderando as variações ao absorverem e libertarem humidade para entrarem em equilíbrio com o meio, assim sendo responsáveis pela estabilidade dos valores de humidade relativa no interior das embalagens.

Em 2018 foi iniciado um outro estudo realizado em embalagens sem bens culturais na reserva de cerâmica, vidro e metais do Palácio Nacional de Sintra. Assim foi eliminada uma variável e garantiu-se que todos os elementos presentes são apenas os que constituem a embalagem e o seu acondicionamento. Foi testada uma embalagem em polipropileno vazia, uma embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno de 2 cm de espessura e uma embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno forrado com Tyvek, todas colocadas no mesmo local da reserva e cada uma contendo um *data logger* para temperatura e humidade, modelo HL-1D da Rotronic. Os dados obtidos durante um mês sugerem que os objetos presentes no estudo inicial terão contribuído para uma maior estabilidade dos valores de humidade relativa no interior das embalagens, mas demonstraram também

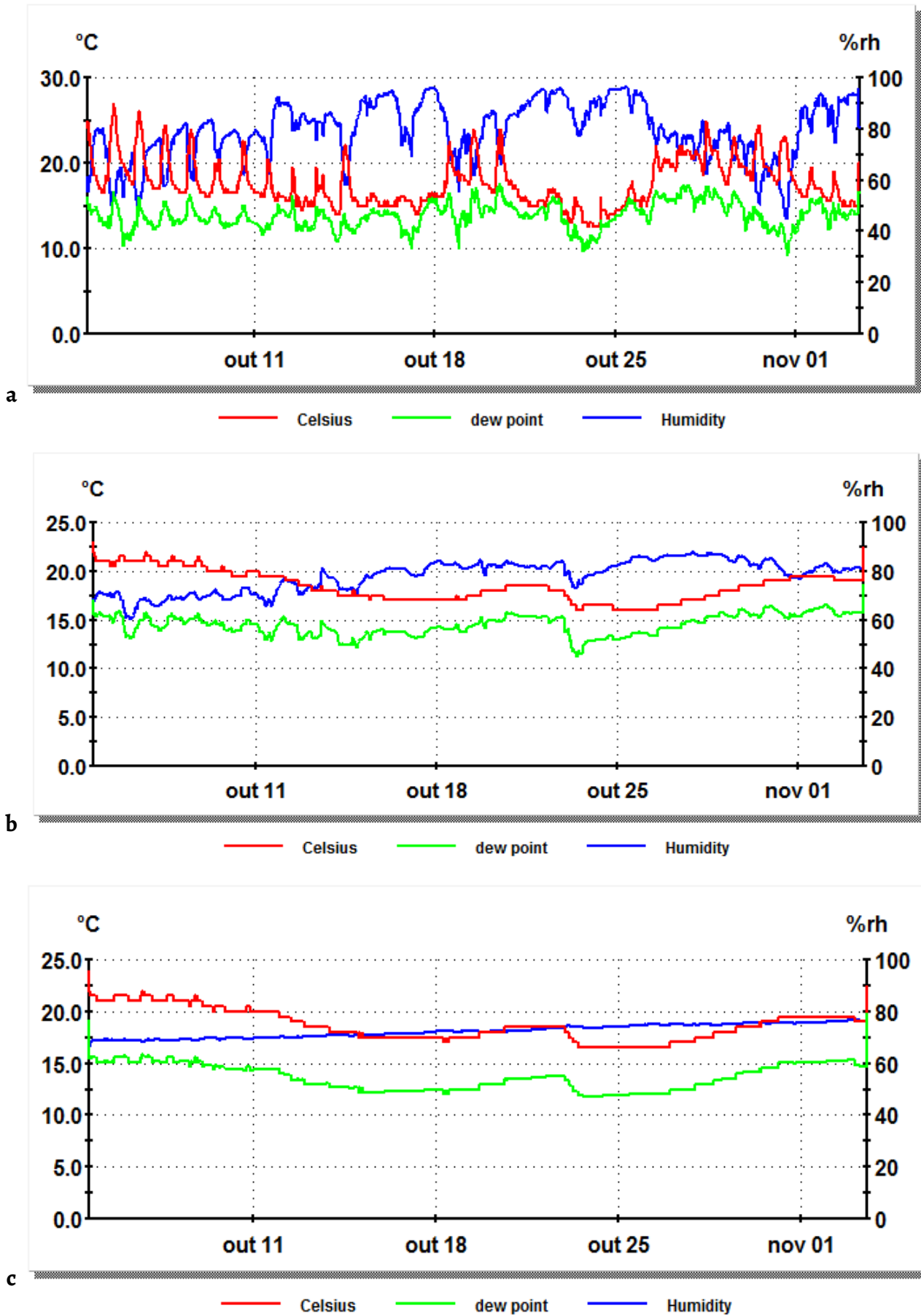


Figura 9. Registos de humidade relativa (linha azul) e temperatura (linha vermelha) em outubro de 2016 no Palácio Nacional da Pena: a) exterior do edifício; b) interior da sala de reserva; c) interior da embalagem de polipropileno que contém objetos em estuque.

Pensar dentro da caixa: avaliação da eficácia de embalagens em polipropileno para acondicionamento de bens culturais

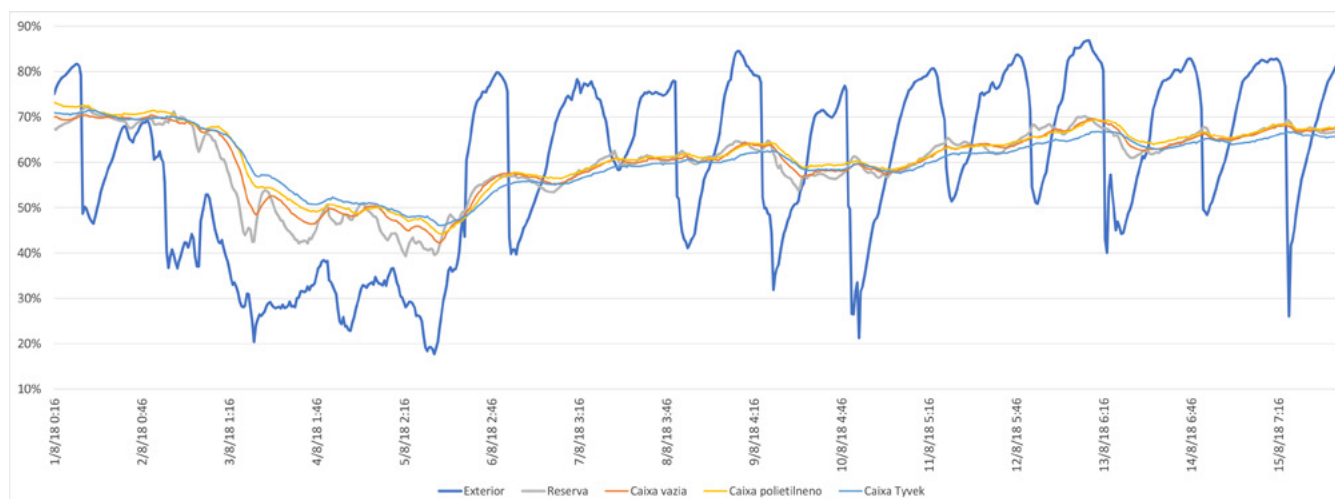


Figura 10. Gráfico dos valores de humidade relativa na primeira quinzena de agosto de 2018. Da situação com maiores variações para a situação com menores variações, e portanto mais estável: exterior do edifício; sala de reserva; interior da embalagem em polipropileno vazia; interior da embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno; interior da embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno forrado com Tyvek.

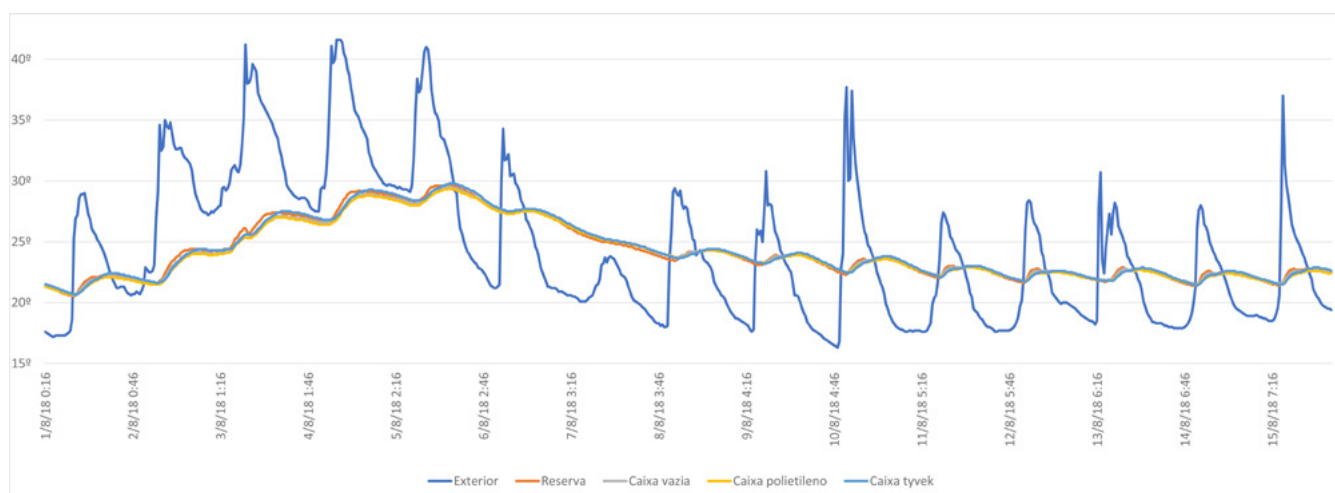


Figura 11. Gráfico dos valores de temperatura na primeira quinzena de agosto de 2018: exterior do edifício; sala de reserva; interior da embalagem em polipropileno vazia; interior da embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno; interior da embalagem em polipropileno com o interior revestido a polietileno forrado com Tyvek.

que a colocação em embalagem, particularmente com o revestimento em Tyvek, traz vantagens quanto à redução de variações nos valores de humidade relativa (Figura 10). No que diz respeito à temperatura, a colocação em embalagens não parece alterar a situação (Figura 11).

Conclusões

A avaliação do comportamento das embalagens tem que ter em conta muitas variáveis; no entanto, para clareza de raciocínio, o comportamento relativo a cada um dos agentes de deterioração foi, neste texto, tratado separadamente. Os agentes de deterioração raramente atuam de forma isolada. As suas características também diferem substancialmente, sobretudo se observarmos que alguns agentes de deterioração podem ser eliminados, enquanto outros são constantes, conseguindo-se apenas reduzir os seus efeitos.

Quando considerados os problemas iniciais, que se pretendiam resolver através da colocação de bens culturais em embalagens, verificou-se que foi na otimização de espaço, no acesso a cada objeto e na eliminação de problemas decorrentes da dissociação que foram obtidos os melhores resultados. Após melhora da situação nas primeiras áreas de reserva abordadas, o acesso mais facilitado permitiu, no âmbito das ações de gestão de coleções:

- maior facilidade no acesso físico a cada bem cultural;
- maior facilidade de rotação de objetos expostos e melhor planeamento e execução de alterações nos percursos de visita;
- identificação de elementos fraturados e realização de uma campanha sistemática de reconstituição formal de cerâmicas no Palácio Nacional da Pena e no Palácio Nacional de Sintra;
- início de uma campanha sistemática de inscrição de número de inventário no Palácio Nacional da Pena;
- identificação de necessidades de intervenções

de conservação e restauro e estabelecimento de prioridades de atuação.

As facilidades no planeamento das ações de conservação e de gestão de acervos foram acompanhadas por uma melhoria nas condições de conservação de bens culturais em reserva pois o acondicionamento em embalagem:

- limita o manuseamento;
- suporta adequadamente o objeto;
- previne a perda ou separação de partes de objeto;
- simplifica a identificação;
- assegura condições de circulação em segurança;
- trava ou diminui alguns processos de deterioração.

Durante as ações de monitorização do acervo, procuram-se pequenos sinais de alterações para que, se necessária, a atuação seja rápida e ocorra numa fase inicial da deterioração. Nestas ocasiões a superfície e a cor branca dos materiais utilizados facilitam bastante a observação tornando a tarefa mais rápida. Por exemplo, são mais facilmente observáveis insetos, ou vestígios da sua atividade, bem como destacamentos de materiais, mesmo que sejam fragmentos muito pequenos.

Não obstante os bons resultados alcançados até ao momento através do recurso a embalagens para reserva, é necessário continuar a pensar dentro da caixa e manter as monitorizações do estado de conservação das coleções acondicionadas desta forma. Por outro lado, considera-se importante o desenvolvimento de estudos específicos que complementem os dados aqui apresentados, especificamente relacionados com informações relativa a agentes biológicos e a forças físicas.

Agradecimentos

A Anabela Costa, Graça Pinto, Isabel Oliveira, Nídia Miranda, pelas recolhas de dados que permitiram a realização dos estudos não publicados referidos neste artigo; a Cláudio Marques, pelo tratamento das imagens; e a Nuno Gaspar e Paula Monteiro, pela revisão deste artigo.

REFERÊNCIAS

1. 'Decreto-Lei n.º 292/2007', *Diário da República – 1.ª série* **160** (2007-8-21) 5510-5513.
2. 'Decreto-Lei n.º 205/2012', *Diário da República – 1.ª Série* **169** (2012-8-31) 4986-4992.
3. Amaral, J. R., 'Melhoria de condições de reserva para bens culturais em cerâmica e em vidro' in *IX Jornadas da Arte e Ciência UCP. V Jornadas ARP. Homenagem a Luís Elias Casanovas. A Prática da Conservação Preventiva*, ed. R. C. Borges, E. Vieira & J. C. Frade, Universidade Católica Editora – CITAR, Porto (2015) 177-185.
4. Hatchfield, P. B., *Pollutants in the Museum Environment. Practical Strategies for Problem Solving in Design, Exhibition and Storage*, 2.ª ed., Archetype Publications, London (2005).
5. Tétreault, T., 'Airbourne pollutants in museums, galleries and archives - particulates', in *Preventive Conservation in Museums*, ed. C. Caple, Routledge, Abingdon – New York (2011) 266-279.
6. Gilroy, D.; Godfrey I., 'Preventive conservation', in *A Practical Guide to the Conservation and Care of Works of Art*, ed. D. Gilroy & I. Godfrey, Western Australian Museums, Perth (1998) 1-10.
7. Lloyd, H.; Lithgow, K.; Brimblecombe, P.; Yoon, Y. H.; Frame, K.; Knight, B., 'The effects of visitor activity on dust in historic collections', in *Preventive Conservation in Museums*, ed. C. Caple, Routledge, Abingdon – New York (2011) 281-289.
8. Costain, C., 'Framework for preservation of collections', in *Preventive Conservation in Museums*, ed. C. Caple, Routledge, Abingdon – New York (2011) 23-38.
9. Waller, R., 'Conservation risk assessment: a strategy for managing resources for preventive conservation', in *Preventive Conservation. Practice, Theory and Research. Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994*, ed. Roy & A., Smith, P., The International Institute for Conservation of Historical and Artistic Works, London (1994) 12-16.
10. 'Lei n.º 47/2004', *Diário da República – 1.ª série* **195** (2004-08-19) 5379-5394.
11. Schlichting, C., 'Working with polyethylene foam and fluted plastic sheet' (1994), Canadian Conservation Institute, http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/pch/NM95-55-14-1994-eng.pdf (acesso em 2019-6-5).
12. 'Agents of deterioration' (26 de setembro de 2017), Canadian Conservation Institute, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration.html> (acesso em 2018-11-26).
13. Cuttle, C., *Light for Art's Sake. Lighting for Artworks and Museum Displays*, Butterworth-Heinemann, Oxford (2007).
14. Pinniger, D., *Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses*, Archetype Publications, London (2001).
15. Florian, M. L. E., *Fungal Facts. Solving Problems in Heritage Collections*, Archetype Publications, London (2002).
16. Florian, M. L. E., *Heritage Eaters. Insects & Fungi in Heritage Collections*, James & James Ltd, London (1997).
17. 'Matriz', Direção-geral do Património Cultural, <http://www.matriz.dgpc.pt/index.php> (acesso em 2018-11-27).
18. Miles, G., 'Object handling', in *Preventive Conservation in Museums*, ed. C. Caple, Routledge, Abingdon – New York (2011) 57-62.
19. Thomson, G., *The Museum Environment*, 2.ª ed., Butterworth-Heinemann, London (1986).
20. Cassar, M.; Hutchings, J., *Relative Humidity and Temperature Pattern Book. A Guide to Understanding and Using Data on the Museum Environment*, Museums & Galleries Commission, London (2000).

RECEBIDO: 2018.11.30

REVISTO: 2018.5.6

ACEITE: 2019.6.7

ONLINE: 2020.3.17



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>.

Model 1859 Portuguese army clothes backpack. Historical note, conservation and restoration treatment

ANDRÉ FILIPE DE
NUNES FERNANDES ^{1*}

1. Instituto Politécnico de Tomar,
Quinta do Contador, Estrada da
Serra, 2300-313 Tomar, Portugal
* andre.fnf@gmail.com

Mochila de roupa do exército português, modelo de 1859. Apontamento histórico e intervenção de conservação e restauro

Abstract

The model 1859 clothes backpack was used to carry soldier's spare clothing and necessities. It was strictly made according to a pattern and was constructed in a box shape from leather and canvas, painted black on the exterior. An example of this model, which belongs to the Lisbon Military Museum collection (MML02048), was removed from the storage in 2016 in order to be inventoried. It was subsequently restored within the curricular unit "conservation and restoration project" of the Conservation and Restoration Bachelor so it could be placed on permanent exhibition. This object was likely used in campaign in Mozambique in 1894-95 by the bugler António Moura, taking part on the combat of Marracuene. Areas of deterioration, such as flaking paint and canvas losses, were caused mainly by storage conditions and improper care over the course of more than a century. The treatment was guided towards its ideal state, enhancing mostly historical and aesthetical values which were obtained through investigation. This included restoration of the regulatory polished surface, but maintained the signs of use, such as the mended tears. This paper contributed to the divulgation of detailed information about an unusual type of object within the conservation field and military history.

Resumo

A mochila de roupa modelo de 1859 era utilizada para transportar a roupa de reserva dos soldados e o pequeno equipamento. Era feita de acordo com um padrão, construída em forma de caixa a partir de cabedal e lona, pintada de preto no exterior. Um exemplar deste modelo, pertencente à coleção do Museu Militar de Lisboa (MML02048), foi retirado da reserva em 2016 para ser inventariado. Foi subsequentemente restaurado no contexto da unidade curricular "projeto em conservação e restauro" da Licenciatura de Conservação e Restauro, de forma a ser colocado em exposição permanente. Este objeto foi provavelmente utilizado em campanha em Moçambique em 1894-95 pelo corneteiro António Moura, tendo participado no combate de Marracuene. Áreas de deterioração, tais como destacamentos e lacunas na lona, foram causadas sobretudo devido a condições de acondicionamento incorretas ao longo de mais de um século. O tratamento procurou ir ao estado ideal da mochila, realçando principalmente valores históricos e estéticos, que foram obtidos através de investigação. Isto incluiu o restauro da superfície polida regulamentar, mas manteve os sinais de uso, tais como os rasgões remendados. Este artigo contribuiu para a divulgação de informação detalhada sobre um tipo de objeto pouco comum dentro da área de conservação, e história militar.

KEYWORDS

Canvas
Leather
Individual equipment
Marracuene
Military
Heritage

PALAVRAS-CHAVE

Lona
Cabedal
Equipamento individual
Marracuene
Militar
Património

Introduction

In the late 19th century/early 20th century a backpack and the remaining equipment set (comprising of a mess kit, canteen, haversack, ammunition pouches, frog, leather belt and several leather straps), 6 other identical equipment sets, 36 rifles, 6 bugles and 2 drums were incorporated in the Lisbon Military Museum (LMM) collection and exhibited in the Dona Maria Pia room.

These objects were used in 1895 in Africa, and some were present in the conflicts of Marracuene and Cooellea, and in the actions of Manjacase and Chaimite [1]. In May 2016, during an internship at the LMM a group of several of these objects were removed from the collection storage in order to be inventoried. The previous museum catalogues and photos had scarce to no information; these objects were not yet recorded on the modern inventory system database.

One of these objects was a backpack (current inventory MLL02048) which had a metal mess kit strapped to its front (Figure 1), with a handwritten card stored inside. The museum was interested in placing this backpack on permanent exhibition due to its unique contents, but it presented conservation issues. As such, it underwent treatment as part of the Conservation and Restoration Bachelor of the Polytechnic Institute of Tomar, in order to be exhibited.

This project presents a unique contribution to the heritage conservation literature, as well as, to Portuguese military history literature, since there are no publications about this model. Individual equipment, or accoutrements pertain everything a soldier uses/wears other than its uniform and weapons. In Portugal these are undervalued when compared with weaponry and uniforms; therefore, this project provided detailed information about a particular Portuguese 19th century accoutrement.

Historical note

Model development, production and use context

The model 1859 backpack was used for more than 40 years by the Portuguese Army. Initially it was designed to serve infantry troops, but later ended up serving artillery and engineering troops as well.

It was gradually replaced by the model 1894 backpack, although an article written in 1908 states that model 1859 backpacks were still used within the 27th infantry regiment, even though these had “dirty canvas, mended several times, nearly rotten, in which clothes could not be placed inside, without the risk of bursting” [2, p. 40].

It is similar to British models such as the “Trotter” or “box” type. This resemblance might be explained in part due to the relation with Great Britain during the Peninsular War, by which time it started providing backpacks to the Portuguese Army [3]. Between 1849 and 1856 several experiments to upgrade the infantry and light infantry equipment took place; these experiments were reported in the *Revista Militar* [4-8]. Overall the experiments resulted in the production and testing of several different models of backpacks and straps, outcoming in the adoption of one model of backpack, in 1856, whose design was attributed to Captain Cunha Salgado [8]. In the following years there is no more information pertaining to backpacks, and all that is known is the model year of the 1859 backpack.

The LMM backpack was identified as being the model 1859 clothes backpack by consulting period literature [9-10] and by comparing it with its pattern. Patterns were introduced in the *Fábrica d'Armas* (F.A.), in Santa Clara, Lisbon, by the Baron of Monte Pedral, José Baptista da Silva Lopes, in the first half of the 19th century, with the intent to provide “perfection and uniformity” in the production of the



Figure 1. Lisbon Military Museum model 1859 backpack (MML02048) and mess kit after being removed from the museum storage. Photograph taken on the 31st of May 2016.



Figure 2. Group photo from the late 19th century depicting a group of craftsmen and apprentices at the *Fábrica d'Armas*, in Lisbon. The man on the third column from the left and second row from the bottom is holding a model 1859 backpack. From the Núcleo Museológico das Oficinas Gerais de Fardamento e Equipamento collection. Unknown author.

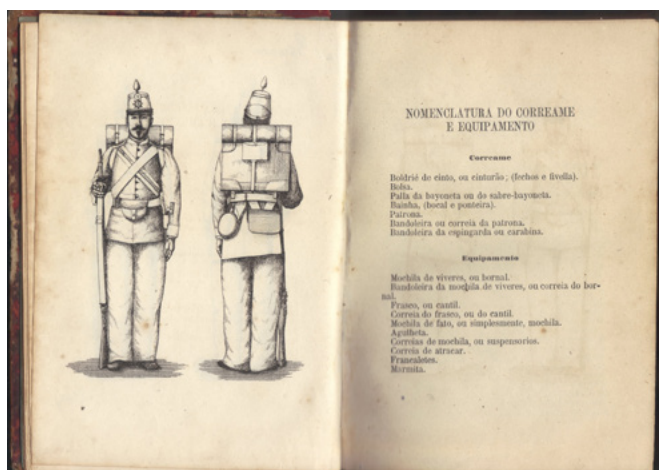


Figure 3. Print from the page 11 and 12 from the 1879 book "Ordenança sobre os exercicios e evoluções dos corpos de infantaria. Livro I" depicting an infantry soldier seen from the front and back carrying a model 1859 backpack. From the authors collection.

respective model [11]. Generally, this model was produced at the F.A. as well (Figure 2), and it was common for models to be stamped with the factory initials and manufacture date (i.e. F.A. 1879). Manufacturing stamps could not be found on this backpack, and, at the moment, there is no certainty about where it was produced.

As with most military backpacks of the time, the model 1859 backpack was designed to carry spare clothing and

necessaries, the overcoat and the mess kit [10, 12-14] (Figure 3). According to period literature it was packed in a regulation manner, with a specific number of articles, arranged in a pre-determined way: boots, jackets, shirts, cap, trousers, long johns and necessaries [10, 13]. The remaining equipment was ordered by the mess kit, haversack, canteen, two ammo pouches and the belt with the frog. Some variations were common according to the year and branch, such as the use of white buff leather straps within line infantry [15] and artillery, as opposed to the black vegetable tanned leather straps used by light infantry.

Association with António Moura

During the process of documentation, a handwritten card was found inside the model 1859 mess kit which states:

*Regiment No. 2 of light infantry (missing).
Distributed to the bugler António (missing)
14/2025 of the 3rd company of the 2nd battalion (missing)
Dispatched in Ànguane from the 9th to the 22nd of
January 1895. In Marracuene from the
28th of January to the 7th of February
1895*

António Moura was born on the 1st of November 1869 in

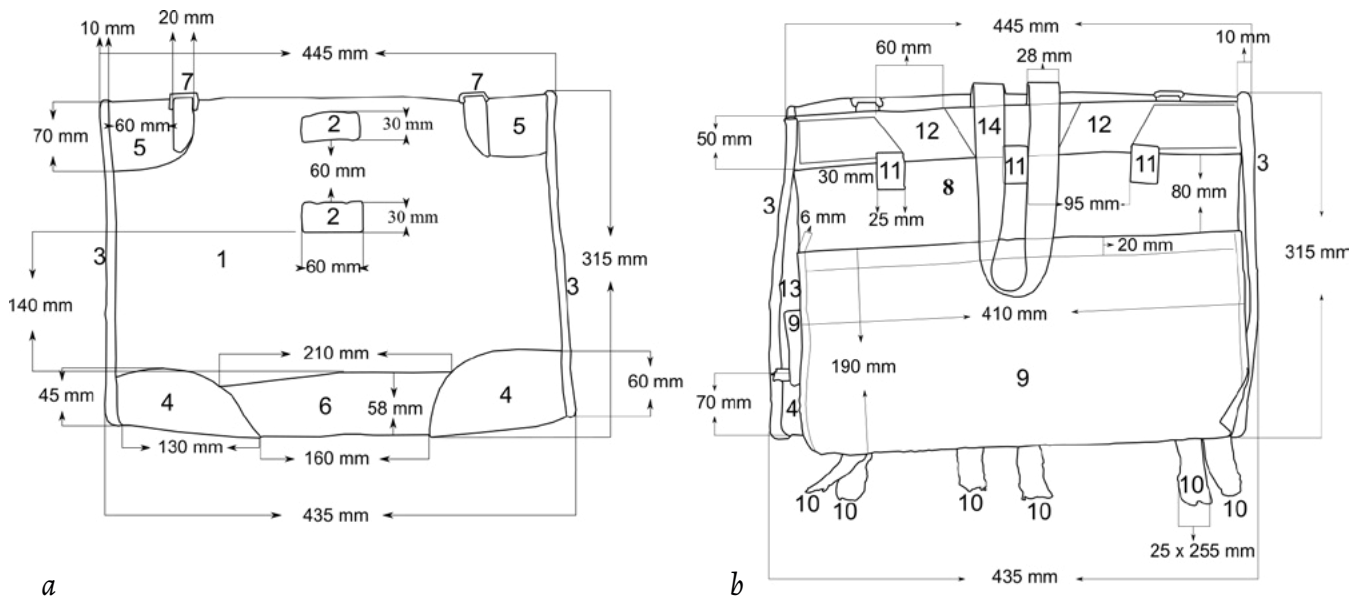


Figure 4. Backpack graphic outline of the front (a) and back (b) with its dimensions and numbered components. 1- front lining; 2- front loops; 3- side hems; 4- bottom corner reinforcements; 5- upper corner reinforcements; 6- bottom reinforcement; 7- upper loops; 8- back lining; 9- flaps; 10- tapes; 11- pin loops; 12- shoulder straps loops; 13- back reinforcement; 14- hanging loop.



Figure 5. Backpack seen from the back with all the 4 flaps open, giving access to the interior compartment. Notice two wooden boards on the interior, and a mended tear on the center of the right flap. Photograph taken on the 31st of May 2016.

the locality of São Miguel da Acha, council of Idanha-a-Nova, district of Castelo Branco [16].

On the 13th of April 1892, at the age of 22, Moura joined the 3rd company, 1st battalion, 2nd regiment of the Queen's light infantry, as private No. 52, with the registration No. 1908 [17]. On the 5th of December he was transferred to the 1st company as private No. 14, first as an apprentice bugler, graduating to bugler on the 4th of April 1893, where he was then transferred to the 3rd company of the 2nd battalion, again as Private No. 14 [18].

Meanwhile, in August that year, in Lourenço Marques, modern Maputo, there was a revolt by locals of the lands of Magaia, Zixaxa and Moamba, against Portuguese rule. This was triggered by the increase in the tax of huts, resulting in several attempts to seize the city [19].

As a response to this revolt, on the 15th October 1894, Moura's battalion marched from Valle Pereiro to the Navy Arsenal, boarding the steamboat *Cazengo* for a journey through the Cabo da Boa Esperança which lasted 27 days, with destination to Lourenço Marques [19].

The first contact with local warriors was in Anguané on the 5th of December 1894 [20], however, the most decisive moment occurred on the 2nd of February 1895, at around 4 a.m. in Marracuene. There, a battle took place between Portuguese troops and 2,500 local warriors [20-21]. This battle was later known as *Combate de Marracuene* in Portugal, or *Gwaza Muthini* in Mozambique, and nowadays it is still celebrated in Mozambique.

Description of the model 1859 backpack

The LMM backpack has a rectangular shape and measures 445 mm in width, 315 mm in height and 145 mm deep (Figure 4). It is black throughout the exterior. Access to the single interior compartment is made from the reverse, which is closed with two layers of flaps and 10 tapes (Figure 5). All four corners and the bottom are reinforced with panels, it has two strap loops on the front and four on the top, and the shoulder straps are removable with the use of a pin, which locks them in place near the top (Figure 6). It has an internal

volume of approximately 20 liters, and with its shoulder straps and metal pin it has a mass of 1.97 kg.

It is constructed from a total of 9 different materials within 4 material groups (textiles, leather and related materials, metals and surface coatings).

Within the textiles, canvas is used for the main material of the backpack; it is made from a tight basketweave in which groups of 2 warp threads interlace with one weft thread, giving the canvas a density of 22/11 cm² warp/weft threads, with a Z twist. Its fibers as well as the fibers of the stitching were analyzed longitudinally, and they are from flax or hemp (this can only be confirmed with a cross section analysis). The tapes that close the flaps, each measuring 25 × 255 mm, are made from cotton; these are made in taffeta weave, with a total of 47 warp threads dyed in 6 different colors: the 3 outermost threads are beige, followed by 4 green threads, 4 magenta threads, 8 threads in a blend of white and purple, 3 blue threads, and at the center 3 yellow threads, following the same pattern in the inverse order (blue, purple/white, magenta, green, beige). On the interior there is a lining behind the reverse, parallel to the innermost flaps, which resembles wool felt.

Within the leather and related materials group, vegetable tanned leather is used on the sides and hems, upper corner reinforcements, loops on the back, hanger loop, shoulder straps and on all the interior reinforcements. The bottom reinforcements and the strap loops on the front are made from alum tawed leather.

Within the metals, the loops on the top, the buckles on the bottom and the shoulder straps pin are made from an iron alloy.

There are also 3 different types of surface coatings of unknown composition. One covers the entire exterior surface of the backpack, canvas and leather parts alike, as well as the metal buckles and loops; it is a black coating. According to period instructions the canvas parts were waxed “the same way as footwear”, but the leather parts “after being painted” were waxed “according to the 1856 instructions” [15, p. 113-114]. The recipe for the latter treatment is provided in the instructions [14], but there is no mention of a recipe for waxing footwear. Further investigation on the manufacture of this type of objects allowed the discovery of yet another recipe, for a black paint to be used on “vegetable tanned leather, sole leather, etc” [22, p. 101]. This paint was made with sumac leaves, iron sulfate, lamp black, tallow and gum.

The other two coatings are part of regimental markings and are located in the interior of the backpack (Figure 5). One is located on the reverse of the outermost flap; it resembles a red paint or paste and has the following letters/numbers:

R.4:2.B.2.C.3

The other marking is located on the underside of the front, below the leather reinforcement of the bottom strap loop. It is black and very thin, resembling an ink, and has the following letters/numbers:

I4F3



Figure 6. Backpack seen from the back, showing the metal pin connecting the top of the shoulder straps to the body. Comparing the stitches on this example with other m/1859 backpacks, it appears that it has 2 left shoulder straps, instead of a left and right shoulder strap. Photograph taken on the 31st of May 2016.

Condition of the backpack

The LMM backpack appears to have been stored in the same place for a long time, front side up, without any covering. The mess kit was strapped to the front, and four wooden boards were on the interior the backpack facing the sides, top and bottom walls. There was no interior padding.

Its front, bottom, top and sides were full of dust. The interior also had dust, as well as particulate matter, and traces of plant matter (the same type of plant matter was also found inside the mess kit). The shoulder straps were dusty and had some type of grease. The overall shape was deformed due to the use of the wooden boards.

Textiles

Overall, the canvas had numerous distortions due to the weight of the mess kit, as well as 11 tears and 6 losses.

It had 2 untreated tears in the front, one of them where the rear bottom left corner of the mess kit was touching the canvas, and the other where the canvas meets the bottom leather reinforcement. The left, right and bottom flaps had 2 untreated tears each.

The bottom and right flaps each have 2 other tears, which were mended; as does the front of the canvas, where it meets the leather reinforcement in the top right corner (Figure 7). These are repaired with a type of thread similar to that used in the necessaries and appear to have been made during the time this backpack was used.

It also had 5 losses in the top portion of the front; 1 in the right side, longer than 120 mm, and the remaining towards



Figure 7. Mended tear on the top right corner of the front. Photograph taken on the 14th of November 2016.

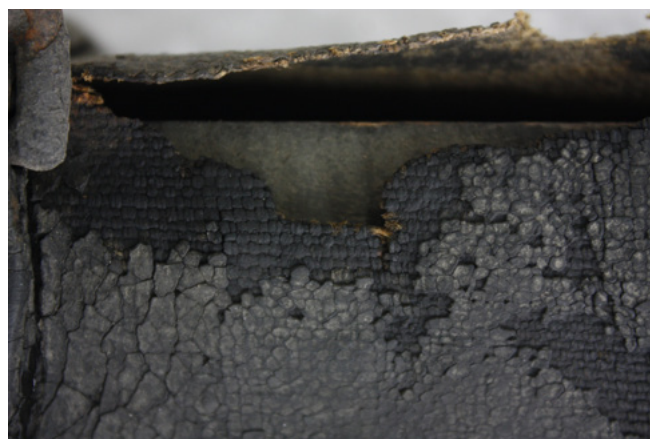


Figure 8. Loss of canvas and surface coating, as well as cracking, on the right top of the front. Notice the wooden board painted black beneath the canvas. Photograph taken on the 14th of November 2016.

the left side, with the biggest one around 20 mm long. The bottom flap had a small loss. The top wooden board was beneath the losses on the top portion, and most of that area had been painted black, including the board (Figure 8).

The tapes were soiled and coiled in a clockwise manner. The coiling of the tapes seems to be a result of usage.

Surface coatings

The black surface coating had lost most of its adhesion to the canvas, and overall presented a network of aged cracks, flaking, lifting and losses (Figure 8).

The network of cracks is present on the entire coating, except for the metal parts. The cracks have a specific pattern according to the underlying material, whether it is leather or canvas, with the latter being grouped closer.

Flaking, lifting and losses were mainly on the coating over the front canvas and inner flaps.

The red marking located on the underside of the outermost flap had lost most of its cohesion, and all the letters had flaking and losses.

Leathers

The inner part of the side leather panels, as well as the bottom corners of the hems, are abraded. All the interior leather reinforcements have some abrasion and loss of cohesion. Overall the shoulder straps are abraded and have several cracks along their entire length; one of these straps is missing the last 255 mm of its lower end.

Metals

Overall the metal buckles, loops and pin had corrosion products.

Goal of treatment

According to Appelbaum the ideal state is “the state that best embodies the object’s values” [23] and “is one of its past

states” [24]. This backpack had several past states, each with its own values. It was made most likely in the 1880s, probably used in campaign in 1894-95, in the 1900s exhibited in the museum, and sometime in the 20th century stored, until its recent discovery. Nowadays it has lost all of its functional value, but other values have increased. This cultural object is a witness of past events, and studying it allows us to learn more about the past. Therefore, it must be preserved in order to maintain certain aspects that are true to its time and enhance its values.

Considering the high historical value converging mostly in the period when the object was last used for its purpose, it was decided that the ideal state should correspond with that period, or at least within the time it entered the museum collection. For this goal to be realistically achieved, not only was a conservation treatment required, but also a restoration treatment.

The general treatment methodology was planned in the following manner:

- Mechanical cleaning of the surface and interior of the backpack to facilitate further treatments and remove material which can, over time, cause further damage;
- Removal of iron corrosion products to stabilize the deterioration of the metal components;
- Consolidation of the surface coatings since it was to be placed on permanent exhibition, and would most likely be loaned for temporary exhibitions;
- Removal of distortions of the canvas for aesthetics and to relax tensions on the fibers, but most of all to treat the canvas losses and tears;
- Treatment of tears and losses on the canvas. Not only is this a restoration treatment since it has an important aesthetical function by replacing lost material, but it is also a conservation treatment, as it provides structural support on fragile areas;
- Inpainting of losses and application of a surface finish. A purely restoration treatment, it is one of the most important steps in achieving the ideal state, since it

enhances certain aesthetic values that were attributed to this object at the time it was used. An article written in 1855 dedicated to the introduction of a new recipe of black wax [25] (the same mentioned in the instructions [15]) reflects the importance attributed to the appearance of the equipment, and a polished shiny surface was mandatory.

The mess kit that was found strapped to the backpack was also treated within the curricular unit, however, the focus of this paper is on the conservation of the backpack itself. The wooden boards, the traces of plant matter and the card were stored separately for future study.

Conservation treatment

Textiles

The interior of the backpack was mechanically cleaned with an Akapad (a.k.a. Wishab) soft sponge, soft bristle brush and a vacuum cleaner.

To remove the distortions of the canvas the fibers were relaxed with an ultrasonic humidifier with distilled water and then weights were placed on the interior to maintain the correct shape while drying. The water vapors were applied at room temperature to protect the leather components, which are sensitive to heat in the presence of water and can shrink irretrievably [26].

In repairing the tears these were temporarily aligned and secured with Filmoplast P 90 tape, and then welded with Lascaux polyamide textile adhesive 5060 (Figure 9a). Afterwards BEVA 371 film was applied on top of the tear and set in place with a tacking iron at 65° C (Figure 9b). BEVA 371 is considered a reasonably stable adhesive on canvas substrates [27]. Finally, a Reemay reinforcement was set on top of the film adhesive (Figure 9c).

For filling the losses, the treatment was similar to that used above for mending the tears. Linen fabric similar in weave to the original canvas was cut to the size and shape of the losses. These pieces were then temporarily secured in place with the tape, and welded to the canvas with textile polyamide, and a Reemay reinforcement was secured with the film.

The tapes were treated mainly for aesthetical reasons. They have a pleasing appearance, in 6 different colors, which contrast with the plain black color of the backpack. Since they were coiled, they could not be fully appreciated, hence it was decided to flatten just the outer tapes and leave the inner ones untouched, since the coiling was most likely a result of period use and has historical value. They were moistened using a sponge with lukewarm deionized water, placing absorbent paper beneath, and then flattening the tapes with a tacking iron set to 60 °C and Melinex film in between.

Surface coatings

The treatment on the black coating began with mechanical

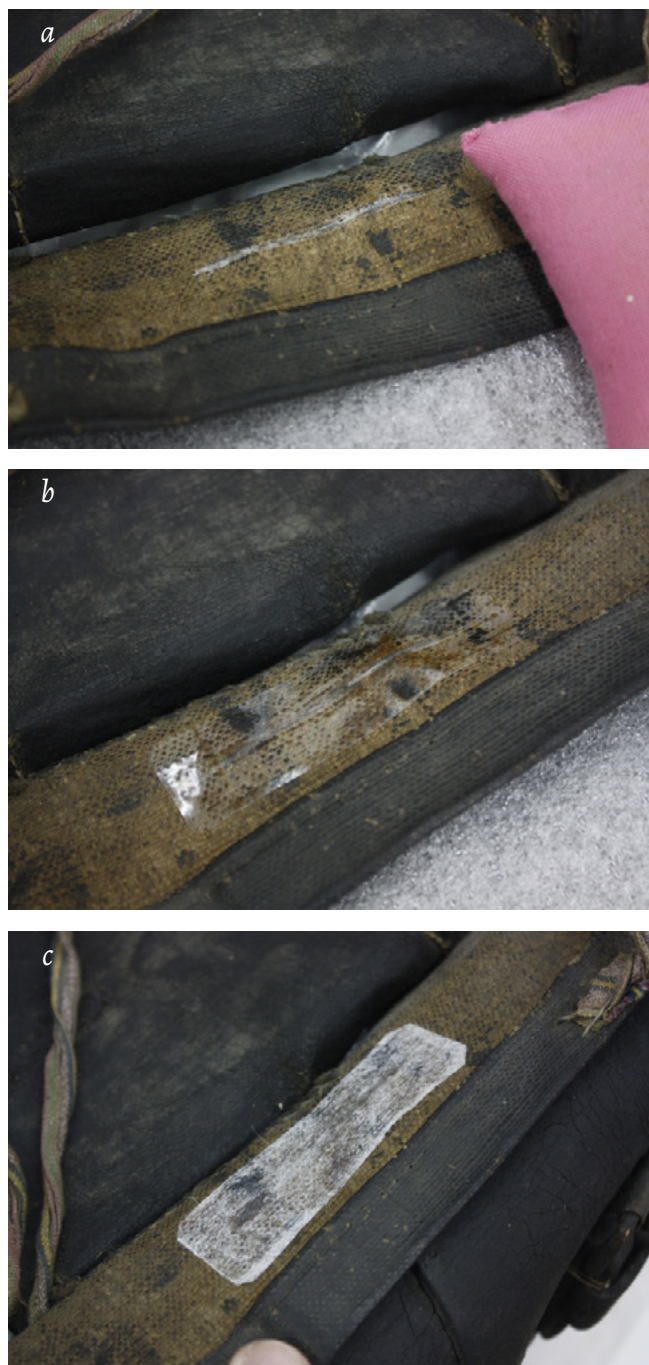


Figure 9. Tear mending, during welding (a), application of BEVA 371 film (b) and application of a Reemay reinforcement (c). Photographs taken on the 29th of May 2017.

cleaning using a soft bristle brush, however, this coating was too fragile, and some detachments were noticed. This treatment was ceased, and a consolidation treatment took place, on this coating and on the red marking.

The choice of treatment material began with assessing the solubility of the coatings. Two solvents were initially tested, a polar and a non-polar solvent, i.e. deionized water and white spirit. A mixture of deionized water with ethanol (1:1 v/v) was also tested. Cotton swabs were used. Both the black and the red coating were slightly dissolved with water, leaving residues on the cotton; with the water-ethanol

mixture these layers were even more affected. The white spirit had no dissolution of the black or red layer.

Three adhesives were tested before consolidation: BEVA 371 in white spirit at 15 %, Klucel G in water-ethanol mixture (1:1 v/v) at 3 % and methyl cellulose in water at 0.5 %. All three adhesives were successful in adhering the coatings to the canvas, however, since both the Klucel and methyl cellulose are used with polar solvents there was a considerable risk of dissolving the coatings. For that reason, BEVA 371 dissolved in non-polar solvents, was chosen for consolidation.

This adhesive has become a standard for conservators around the world [28]. Although it was originally developed for the lining of paintings [29], Berger has showed that it can be used for consolidation treatments from the front of paintings [28-29]. However, its use has raised some concerns regarding removability and optical properties [28]; photodegradation of this adhesive can have consequences on its solubility, and oxidation can cause yellowing both in dark and light conditions [29]. In summary, its use on this backpack could mean that, given enough time, the adhesive will be less soluble and in theory, it could change the color of the surface. However, regardless of the material used, when a consolidation material is introduced, generally it is hard if not impossible to be completely removed, and in this particular case the consolidation of the black coating was an important and necessary step for conservation of the backpack. Also, given that the coating is black, and a finish was to be applied, the yellowing of the adhesive was not a major aesthetic concern.

For the consolidation itself, the adhesive solution was warmed to its activation temperature of 65 °C [28] on a hot plate prior to application by brushing. This method

was preferred over the use of a heated spatula because the coating was somewhat thick ($\approx 130 \mu\text{m}$) and using a spatula could result in insufficient heat transfer.

The consolidation on the black coating was achieved with 3 different concentrations of BEVA adhesive. A solution at 15 % (v/v) was applied twice on the front (Figure 10), and on the interior flaps. At a 25 % concentration the adhesive was applied on the front, in areas where the coating was still detaching from the canvas, i.e. on the lower corners which had creases, and where the mess kit corners previously touched this coating. And lastly, the application of adhesive at a 65 % over the metal buckles and loops after the corrosion treatment. Since this coating was also applied on these parts, and due to the corrosion, there were some detached flakes. With this concentration there were also some minor applications of adhesive on the lowest part of the front, where the canvas meets the leather reinforcements, which were still showing some detachments on the creases. The high concentration of adhesive left residues on the surface; these were cleaned with cotton swabs embedded in ligroin. Being more volatile than white spirit, ligroin allowed the removal of the residues on the surface without reactivating the adhesive.

The remaining treatments on the black coating were done mainly for aesthetical reasons, and consisted of inpainting the newly inserted linen fabric and applying a finish.

For the inpainting, the recipe on the instructions [15] was reproduced and used as both a filler and inpainting material for the losses, since it provided the ideal consistency, texture and color. It was made with beeswax, bone black pigment, colophony and turpentine, and was applied only on the new fabric, with a spatula (Figure 11).



Figure 10. Consolidation treatment on the front. Photograph taken on the 14th of November 2016.

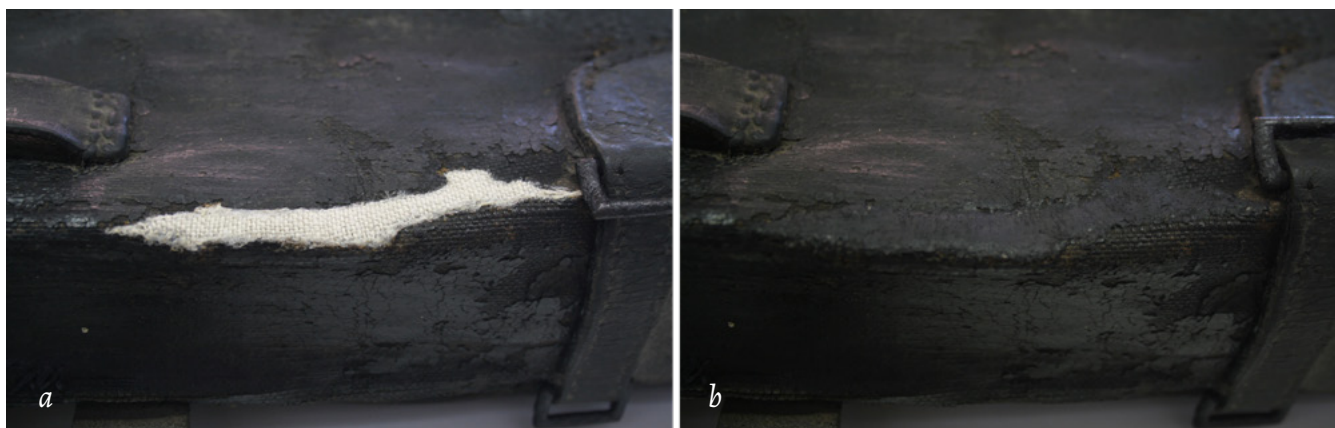


Figure 11. Canvas insert before inpainting (a) and after inpainting (b). Photograph taken on the 17th of July 2017.

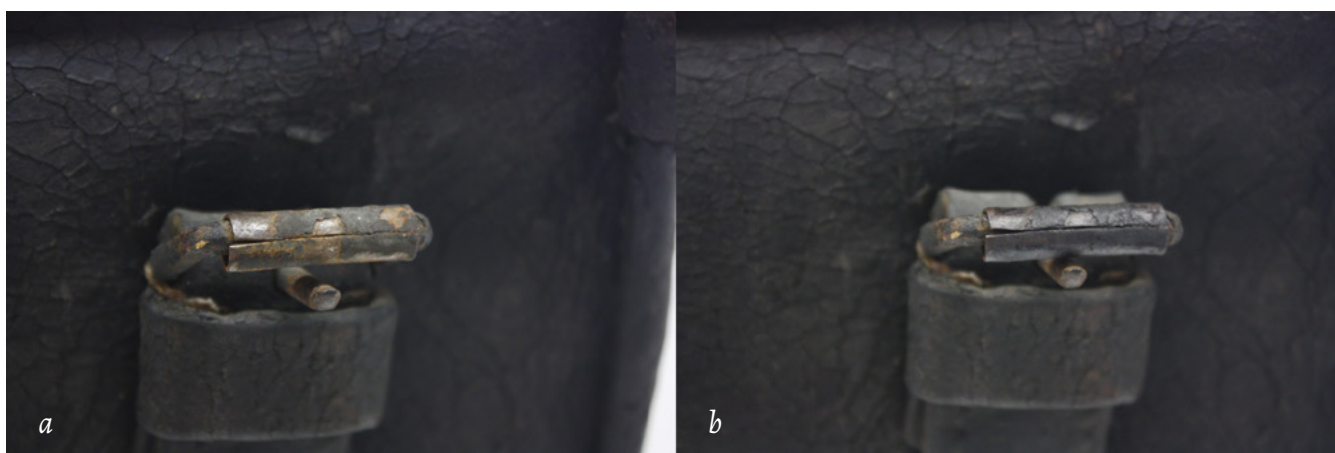


Figure 12. Buckles before (a) and after (b) treatment with tannic acid solution. Photographs taken on the 26th of June 2017.

For a final finish, which both protects the surface and makes it shine in a similar way to the time this backpack was used, microcrystalline wax dissolved in white spirit was used, applied with a clean rag over the front, top, bottom and sides. After the evaporation of the solvent the surface was first checked to see if the consolidation treatment had been affected by this treatment, and afterwards it was buffed with a brush, which provided a shiny appearance.

Leathers

The shoulder straps were first cleaned with soft brushes and a vacuum cleaner, which removed most of the loose dust particles. Afterwards an Akapad soft sponge was tested, but it had little effect, since at some point these straps were conditioned with a waxy material. This material was removed with solvents; initially with cotton swabs embedded in white spirit, and later finished with toluene.

Metals

The presence of the black coating on the buckles and loops, and the fact that these are permanently attached to the body of the backpack, meant that the removal of all corrosion products could not be fully achieved. The loosest corrosion was first removed with a scalpel blade No. 15. Then a solution of tannic acid in distilled water in a concentration of 3% (w/v) with a few

drops of isopropyl alcohol to reduce the surface tension was used. Tannins in acidic solution act as corrosion inhibitors by forming ferric-tannates multilayer on the surface of the metal and by creating a blocking effect by the chemisorbed tannin molecules [30]. This treatment has the advantage, in this case, to produce a black color (Figure 12), since the buckles were originally black. The solution was applied with a small brush prior to the consolidation of the coating.

The treatment on the metal pin was different from the treatment on the buckles and loops because a black color was not desired nor originally existed, and a more efficient approach was possible to execute. The pin was initially cleaned with an Akapad hard sponge, and the loosest corrosion products were removed with a brass bristle brush. Afterwards a solution of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) in distilled water was applied (10% w/v). The pin was wrapped in hydrophilic cotton impregnated with this solution and left to act covered with Mylar for two days. It was then cleaned with distilled water and a 1200 grit wet sandpaper and dried with absorbent paper and isopropyl alcohol. To protect it from oxidation a protective layer of Paraloid B72 was utilized, since this resin forms an effective coating against pollutants and water permeability [31]. It was applied dissolved in xylene (10% w/v) with a brush; the pin being hung up to let the solvent evaporate.

Conclusion

The initial objective that led to the removal of this backpack from the museum storage was mainly to have it registered in the inventory database. At the time, a full conservation and restoration treatment was never intended; however, the unique history of this backpack meant that long-term display/permanent exhibition was desired and stabilization and aesthetic restoration was necessary. As a result, it was possible to study an otherwise unknown object, and enhance its major values and cultural significance.

The conservation and restoration treatment made it possible to exhibit this object once more. The choices for a realistic goal of treatment were guided towards the ideal state, providing a close visual reference to what it is assumed to be the look of this backpack by the time it was being used for its intended purpose (noting that a full reversal of its previous state is not possible) (Figure 13).

Among the objects found in 2016, there were two other backpacks of this same model. At the moment these are being studied within the master's degree, and it is intended to further investigate the composition of the black surface coating.

Acknowledgments

The author thanks Roger J. Dennis and Ricardo Castanheira for their opinions and help reviewing this article. To the Lisbon Military Museum staff, and director, Infantry Colonel Luís Sodré de Albuquerque, for providing access to the entire collection and particularly to this object, for its study. Maria Cristina Moura for her help and time spent in the Núcleo Museológico das Oficinas Gerais de Fardamento e Equipamento. To the Escola Superior de Tecnologia de Tomar, Conservation and Restoration professors who helped in this study, and Dr. Vítor Gaspar, responsible for the analysis. The author would also like to thank both anonymous reviewers for their thorough reviews and comments, which were a major contribution in improving this article, thus playing a role valuing this cultural object.

REFERENCES

1. Brandão, Z., *Catálogo do Museu de Artilharia*, 6ª ed., A Editora, Lisboa (1912).
2. G., C., 'Infanteria n.º 27. As suas mais urgentes necessidades', *Revista de Infanteria* **12**(2) (1909) 40-42.
3. 'Correspondência do coronel Joaquim Zeferino Teixeira para D. Miguel Pereira Forjaz, ministro e secretário de Estado dos Negócios da Guerra sobre pessoal, administração, memória e relação dos guarda barreiras, vencimentos, relação das mochilas de víveres, abastecimento da torre de São Julião, uniformes, relação dos oficiais inferiores, soldados e artilheiros de Pé de Castelo, relação das mochilas vindas de Inglaterra e relação dos fardamentos distribuídos aos corpos', manuscrito, Arquivo Histórico Militar, Lisboa, Divisão 1, secção 14, unidade de instalação 157, documento 04, registo 0016 (1811).
4. 'Chronica Interna', *Revista Militar* **1**(2) (1849) 115-118.
5. 'Chronica interna', *Revista Militar* **2**(8) (1850) 393-400.



Figure 13. Backpack seen from the front (a), back (b) and right side (c), after conservation and restoration treatment. Photographs taken on the 26th of July 2017.

6. 'Chronica interna', *Revista Militar* **2**(10) (1850) 501-505.
7. Salgado, A. J., 'Uniformes-equipamento', *Revista Militar* **1**(4) (1849) 304-307.
8. 'Noticiario militar', *Revista Militar* **8**(3) (1856) 133-142.
9. *Ordenança Sobre os Exercícios e Evoluções dos Corpos de Infantaria*, vol. 1, Imprensa Nacional, Lisboa (1879).
10. Brak Lamy, A. C., *Manual para a Instrução dos Cabos e Soldados de Infantaria*, Typographia da Cooperativa Militar, Lisboa (1897).
11. Cordeiro, J., 'Arsenal do exército', *Revista Militar* **20**(5) (1868) 88-97.
12. Aragão, A. C., 'Uniformes militares', *Revista Militar* **38**(18) (1886) 545-552.
13. M., 'Estudos militares', *Revista Militar* **46**(12) (1894) 353-358.
14. Disposição do correame e equipamento' in *Ordenança Sobre os Exercícios e Evoluções dos Corpos de Infantaria*, vol. 1, Imprensa Nacional, Lisboa (1879) 13-15.
15. 'Instruções para a limpeza e conservação do correame e equipamento' in *Ordenança Sobre os Exercícios e Evoluções dos Corpos de Infantaria*, vol. 1, Imprensa Nacional, Lisboa (1879) 113-114.
16. 'Baptizados 1869. Freguesia de São Miguel da Acha', manuscrito, Arquivo distrital, Castelo Branco, maço 58, n.º 13/1, L.º 10-B (1869).
17. 'Regimento n.º 2 de caçadores da Rainha, 1º batalhão. Livro de matricula do pessoal. Registo das praças de pret. Com principio em 24 de abril de 1888. Serie 1ª livro 2º desde n.º 999 até 1998', manuscrito, Arquivo Histórico Militar, Lisboa, Coleção G/LM, série C, subsérie 02, unidade física 32, registo 0909 (1899).
18. '2º batalhão de caçadores n.º 2. Livro de matricula do pessoal. Registo das praças de pret. Com principio em 4 de setembro de 1894. Serie 1ª livro 3º desde n.º 1993 até 2565', manuscrito, Arquivo Histórico Militar, Lisboa, Coleção G/LM, série C, subsérie 02, unidade física 36, registo 0033 (1899).
19. Simões, L. H., 'Notícia histórica do regimento n.º 2 de caçadores da Rainha', *Revista Militar* **48**(8) (1896) 230-236.
20. Simões, L. H., 'Notícia histórica do regimento n.º 2 de caçadores da Rainha', *Revista Militar* **48**(11) (1896) 328-335.
21. Simões, L. H., 'Notícia histórica do regimento n.º 2 de caçadores da Rainha', *Revista Militar* **48**(12) (1896) 365-376.
22. Franco, J. C. P., *Legislação Militar. Principais Disposições que Constituem Materia de Execução Permanente de 1864 a 1896*, vol. 2, Manoel Gomes Editor, Lisboa (1898).
23. Appelbaum, B., 'The concept of ideal state', in *Conservation Treatment Methodology*, ed. B. Appelbaum, CreateSpace, Lexington (2010) 173-193.
24. Appelbaum, B., 'Determining the realistic goal of treatment', in *Conservation Treatment Methodology*, ed. B. Appelbaum, CreateSpace, Lexington (2010) 237-269.
25. Pereira, V. P. A., 'Algumas considerações a respeito do novo systema de limpeza', *Revista Militar* **7**(3) (1855) 109-119.
26. Chahine, C., 'Changes in hydrothermal stability of leather and parchment with deterioration: a DSC study', *Thermochimica Acta* **365** (2000) 101-110, [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(00\)00617-1](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(00)00617-1)
27. Bianco, L., Avalle, M., Scattina, A., Croveri, P., Pagliero, C., Ciantore, O., 'A study on reversibility of BEVA®371 in the lining of paintings', *Journal of Cultural Heritage* **16** (2015) 479-485, <https://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.09.001>
28. Ploeger, R.; McGlinchey, C.; de La Rie, E. R., 'Original and reformulated BEVA® 371: Composition and assessment as a consolidant for painted surfaces', *Studies in Conservation* **60**(4) (2015) 217-226, <https://dx.doi.org/10.1179/2047058414Y.0000000132>
29. Ploeger, R., de La Rie, E. R.; McGlinchey, C.; Palmer, M.; Maines, C. A.; Chiantore, O., 'The long-term stability of a popular heat-seal adhesive for the conservation of painted cultural objects', *Polymer Degradation and Stability* **107** (2014) 307-313, <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.01.031>
30. Xu, W.; Han, E.; Wang, Z., 'Effect of tannic acid on corrosion behavior of carbon steel in NaCl solution', *Journal of Materials Science & Technology* **35** (2019) 64-75, <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2018.09.001>
31. Švadlena J.; Stouřil J., 'Evaluation of protective properties of acrylate varnishes used for conservation of historical metal artefacts', *Koroze a ochrana materiálu* **61**(1) (2017) 25-31, <https://dx.doi.org/10.1515/kom-2017-0003>

RECEIVED: 2018.12.9

REVISED: 2019.9.6

ACCEPTED: 2020.5.28

ONLINE: 2020.7.31



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

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

GUIDELINES FOR AUTHORS

Ethical guidelines

Types of collaboration

Manuscripts

References

Submissions

Refereeing

Rights

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

