



Conservar Património

32

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

Rua Saraiva
de Carvalho nº8
Águas-furtadas
1250-243 Lisboa

Periodicidade
Quadrimestral
Triannual
Reg. 127342

Setembro
September
2019

Fotografia da capa Cover photograph

Maria Santana Simas, Cassia da Rosa, Cristiana Barreto, Helena Pinto Lima, *Cada instituição, um fragmento: problemática da dispersão da coleção arqueológica marajoara Dita Acatauassu (Amazónia, Brasil)*, pp. 80-87

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

Editorial

- 6 **ELIN FIGUEIREDO, ANA CLARO, ANA ZÉLIA MILLER, SÍLVIA O. SEQUEIRA, TIAGO MIGUEL FERREIRA**

Novos desafios para a Conservar Património

New challenges for Conservar Património

Artigos Articles

- 8 **ANTONIO J. SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, BEATRIZ PRADO-CAMPOS**

Diseño de embalajes para objetos culturales: método de plantillas por fotogrametría

Packaging design for cultural objects: photogrammetry templates procedure

Desenho de embalagens para objectos culturais: modelos por fotogrametria

- 18 **SÍLVIA OLIVEIRA SEQUEIRA, HUGO PAIVA DE CARVALHO, NUNO MESQUITA, ANTÓNIO PORTUGAL, MARIA FILOMENA MACEDO**

Fungal stains on paper: is what you see what you get?

Manchas de fungos em papel: o que se vê é o que se obtém?

- 28 **ISABEL POMBO CARDOSO**

Preparing the foundation for stable gilding: the origins of materials and practices – a review

Das fundações para um douramento estável: as origens dos materiais e práticas – uma revisão

- 38 **KARINA VANESA CHICHKOYAN**

Going back to collections: a study case of the Florentino Ameghino collection housed in the Museo de La Plata (Argentina)

De volta às coleções: o caso da coleção Florentino Ameghino do Museu de La Plata (Argentina)

- 50 **PEDRO AZEVEDO, MARIA FILOMENA MACEDO, AMÉLIA DIONÍSIO**

Qual a origem do filme negro da escultura "Morte de Cleópatra"?

What is the origin of the black film in the sculpture "Death of Cleopatra"?

- 65 **NUNO BARRACA, MANUEL MATIAS, FERNANDO ALMEIDA**

O método de radar de penetração no solo (GPR) na caracterização do Mosteiro da Batalha

The ground-penetrating radar (GPR) method in the characterization of the Monastery of Batalha

Notas Notes

- 79 **MARIA SANTANA SIMAS, CASSIA DA ROSA, CRISTIANA BARRETO, HELENA PINTO LIMA**

Cada instituição, um fragmento: problemática da dispersão da coleção arqueológica marajoara Dita Acatauassu (Amazónia, Brasil)

A fragment in each institution: the dispersion of Dita Acatauassu Marajoara Archaeological Collection (Amazonia, Brazil)

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 Saraiva de Carvalho n.º8 Águas-furtadas 1250-243 Lisboa, Portugal

Contribuinte VAT registration number n.º 503 602 981

Periodicidade *Frequency*

Quadrimestral *Triannual*

Registo no Instituto da Comunicação Social

124638

ISSN

2182-9942 edição digital, n.º 17 e seguintes

digital edition, no. 17 and following

1646-043X edição em papel, n.ºs 1-16

paper edition, no. 1-16

DOI

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

Director *Editor-in-chief*

ELIN FIGUEIREDO

Directores-adjuntos *Associate editors*

ANA CLARO

ANA ZÉLIA MILLER

SÍLVIA O. SEQUEIRA

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Paginação da revista *Journal layout*

JOANA & MARIANA

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

Director *Editor-in-chief*

ELIN FIGUEIREDO

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

Directores-adjuntos *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

TIAGO MIGUEL FERREIRA

Investigador, Institute for Sustainability and Innovation in Structural
Engineering (ISISE), Universidade do Minho, Portugal
Professor Auxiliar Convidado, Universidade de Coimbra, Portugal

Comissão de redacção *Copy editing board*

RUI MAIO

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

JOÃO LUÍS ANTUNES

Químico, Portugal

GUILHERME PINHEIRO POZZER

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

THIAGO SEVILHANO PUGLIERI

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

Conselho editorial *Editorial board*

CHRISTIAN DEGRIGNY

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

M.^a JOSÉ GONZÁLEZ LÓPEZ

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

MÁRIO MENDONÇA DE OLIVEIRA

Professor, Universidade Federal da Bahia, Brasil

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

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/publiseringsskanaler/erihplus/>
- *Google Scholar*, <http://scholar.google.com>
- *Index Copernicus Journals Master List*, <http://journals.indexcopernicus.com>
- *Ingenta Connect*, <http://www.ingentaconnect.com>
- *Latindex – Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, <http://www.latindex.unam.mx>
- *MIAR – Matriz de Información para el Análisis de Revistas*, Universitat de Barcelona, <http://miar.ub.edu>
- *Microsoft Academic*, <https://academic.microsoft.com>
- *OpenAIRE – Open Access Infrastructure for Research in Europe*, <https://explore.openaire.eu>
- *REDIB – Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico*, <http://www.redib.org>
- *Scimago*, <http://www.scimagojr.com>
- *Scopus*, Elsevier, <https://www.scopus.com>
- *Web of Science – Emerging Sources Citation Index (ESCI)*, Clarivate Analytics, <https://webofknowledge.com>

Novos desafios para a Conservar Património

New challenges for Conservar Património

ELIN FIGUEIREDO 

Directora / Editor-in-chief

ANA CLARO 

ANA ZÉLIA MILLER 

SÍLVIA O. SEQUEIRA 

TIAGO MIGUEL FERREIRA 

Directores-adjuntos

Associate editors

O presente número da *Conservar Património* marca uma nova etapa da revista. Desde a sua génese até ao número 31, a revista contou com António João Cruz e Francisca Figueira como Director e Directora-adjunta, respectivamente. De destacar o grande empenho e dedicação com que se entregaram na odisseia de fazer nascer uma revista periódica dedicada à conservação do património no seio da associação profissional sem fins lucrativos, a ARP – Associação Profissional de Conservadores-restauradores de Portugal, e de terem sido capazes de elevar a revista a um patamar de reconhecida relevância e destaque no contexto nacional e internacional. Ambos se exoneram agora, após 14 anos, das suas funções na direcção da revista.

A nova direcção da revista nasce da continuação na equipa de cinco dos nove directores-adjuntos à data de Junho de 2019, que têm como convicção a preservação do valor e significado da *Conservar Património*. Mantêm-se, assim, os objectivos originais da revista [1-2], que aqui relembramos:

- proporcionar um espaço aos Conservadores-restauradores para a divulgação regular dos seus estudos e actividades;
- promover a colaboração com outras áreas, designadamente, a história da arte, a arqueologia, a museologia, a química, a física, a biologia e outras disciplinas de áreas das ciências naturais e sociais que possam ser relevantes para a compreensão das obras que constituem o nosso património cultural e dos respectivos processos de tratamento;
- fomentar a aproximação de todos os que se interessam pelo património e pela sua conservação e restauro, qualquer que seja o seu local de trabalho;
- desenvolver e fixar o vocabulário técnico em português relacionado com a conservação e a materialidade das obras, não obstante a total abertura à publicação de contribuições noutros idiomas e o reconhecimento da importância de uma língua de comunicação técnica internacional.

No actual contexto de elevada exigência e competitividade internacional, e numa altura em que o número de submissões de artigos à revista tem vindo a crescer de forma significativa, pretendemos no seio desta nova direcção implementar novas ferramentas de gestão e contribuir para a implementação de uma estrutura sólida para que a revista possa persistir a muitas mais décadas de existência. Entendemos que o contexto atual no qual a revista se insere é diferente daquele onde nasceu, assim como de vários outros que atravessou, sendo uma constante, a tarefa de adaptá-la e torná-la resiliente a desafios futuros.

Aproveitamos para agradecer a confiança da ARP, de todos os colaboradores da revista, passados e presentes, autores e leitores, com os quais e para os quais pretendemos continuar a desenvolver a revista num percurso de excelência e referência na área do Património nacional e internacional.

REFERÊNCIAS

1. 'Apresentação de uma revista', *Conservar Património* **1** (2005) 3-4, https://doi.org/10.14568/cp1_1.
2. Cruz, A.J.; Figueira, F.; Revez, M.J., 'Editorial', *Conservar Património* **17** (2013) 7-9, <https://doi.org/10.14568/cp17fm3>.

The current issue sets the beginning of a new stage of the journal *Conservar Património*. From its genesis until issue number 31, António João Cruz and Francisca Figueira were the Editor and Associate editor of the journal. We would like to highlight their great commitment and perseverance in the odyssey of setting up a periodic journal dedicated to the conservation of heritage within the non-profit association ARP – Associação Profissional de Conservadores-restauradores de Portugal, and of being able to raise the journal to a level of recognized relevance and prominence in both national and international contexts. After 14 years, both editors resign now, of their duties in the board of the journal.

The new team of editors comprises five of the nine associate editors on duty at June 2019, who are committed to preserving the value and importance of *Conservar Património*. Thus, the original objectives of the journal [1-2], which we would like to reiterate, remain intact:

- to provide a space for the Conservator-restorers to regularly disseminate of their studies and activities;
- to promote collaboration with other areas, such as history of art, archaeology, museology, chemistry, physics, biology and other disciplines including in areas of natural and social sciences that may be relevant to the understanding of the works that constitute our cultural heritage and corresponding interventions;
- to foster the approximation of all those who are interested in heritage and its conservation and restoration, independently of their workplace;
- to develop and establish technical vocabulary in Portuguese related to the conservation and materiality of the works, despite the full openness to the publication of contributions in other languages and the recognition of the importance of an international technical language.

In the current context of high demand and international competitiveness, and at a time when the number of submissions of articles to the journal has been growing significantly, we intend to implement new management tools and contribute to the implementation of a solid structure so that the journal can persist for many more decades. We recognize that the current context in which the journal is implanted is different from the one where it originated from, and different from others it went through, being a constant task of adapting it and making it resilient to future challenges.

We take the opportunity to thank the trust of ARP, thank all the collaborators of the journal, past and present, authors and readers, with whom and for whom we intend to continue to develop the journal in a path of excellence and reference in the national and international framework of Cultural Heritage.

REFERENCES

1. 'Apresentação de uma revista', *Conservar Património* 1 (2005) 3-4, https://doi.org/10.14568/cp1_1.
2. Cruz, A.J.; Figueira, F.; Revez, M.J., 'Editorial', *Conservar Património* 17 (2013) 7-9, <https://doi.org/10.14568/cp17fm3>.





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>.

Diseño de embalajes para objetos culturales: método de plantillas por fotogrametría

Desenho de embalagens para objectos culturais: modelos por fotogrametria

Packaging design for cultural objects: photogrammetry templates procedure

ANTONIO J. SÁNCHEZ
FERNÁNDEZ¹ 
BEATRIZ
PRADO-CAMPOS² 

1. Conservador-Restaurador de Bienes Culturales, Cádiz, España
2. Universidad de Sevilla, Facultad de Bellas Artes, Departamento de Pintura, Calle Laraña, 3, 41003 Sevilla, España

* asrestauracion@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este artículo es ofrecer una base de trabajo en la manipulación de objetos culturales, con el diseño y creación de un embalaje técnico. Se analizan los factores que actúan en la seguridad de un objeto cultural en tránsito, dirigidos a impedir o minimizar cualquier riesgo. Asimismo, se definen las características que debe tener un embalaje para establecer un ambiente seguro, sólido y aislado de agentes de deterioro. Así, se propone la aplicación de una metodología digital de recopilación de datos para diseñar de forma precisa una estructura perfectamente adaptada a la morfología de la pieza. Se ha utilizado un programa informático para crear un modelo 3D y otro para descomponerlo en plantillas imprimibles.

Resumo

O objetivo deste artigo é proporcionar uma base de trabalho para a manipulação de objectos culturais através do desenho e criação de embalagens técnicas. Abordam-se os factores relevantes para a segurança do transporte de objectos culturais com vista à eliminação ou minimização de riscos. Igualmente se definem as características que deve ter uma embalagem para proporcionar um ambiente seguro e isolado dos agentes de deterioração. Assim, propõe-se o uso de uma metodologia digital de recolha de dados para desenhar de uma forma precisa uma estrutura perfeitamente adaptada à morfologia da peça. Utilizou-se um programa informático para criar um modelo 3D e outro para o decompor em moldes que podem ser impressos.

Abstract

The aim of this article is to provide a working basis for handling cultural objects through the design and creation of a technical package. Factors acting on the safety of a cultural object in transit are analysed with a view to preventing or minimizing the risks. The package characteristics required to establish a safe, secure and isolated environment (from the deterioration agents) also are defined. Thus, application of a digital data collection methodology is proposed to accurately design a structure suited to the piece morphology. We used one software to create a 3D model and another one to decompose it in printable templates.

PALABRAS CLAVE

Embalaje
Fotogrametría
Modelo 3D
Conservación preventiva

PALAVRAS-CHAVE

Embalagem
Fotogrametria
Modelo 3D
Conservação preventiva

KEYWORDS

Packing
Photogrammetry
3D Model
Preventive conservation

Introducción

La actividad humana es una de las principales causas de deterioro de los objetos culturales. La manipulación, transporte, exposiciones, almacenamiento, así como la relación con el medioambiente, pueden implicar cierto riesgo sin una planificación o metodología.

Para el tránsito de objetos histórico-artísticos, el embalaje técnico debe asegurar la mayor protección posible con materiales adecuados, contemplando las características singulares de cada bien. Así, para el diseño de cada embalaje se tendrán en cuenta una serie de parámetros fundamentales como el peso (también hay que considerar el peso total del bulto), superficie de contacto del objeto con la espuma, fragilidad, morfología del elemento a trasladar, así como previsión de golpes y/o caídas, vibraciones o medidas medioambientales. Asimismo, los aspectos económicos influyen en la búsqueda de diferentes soluciones, aunque no deben comprometer la finalidad básica del embalaje: la protección del objeto cultural.

El embalaje se puede dividir en zona interna y externa: una, en contacto directo con la obra, protege de ralladuras e inmoviliza, y la otra, cumple la función de estructura exterior. De esta forma, una de las partes más importantes se sitúa en la zona de unión entre ambas, es decir, el anclaje del objeto a la caja. Así, podemos usar las nuevas tecnologías para diseñar embalajes más adaptados al contorno de cada obra y ofrecer una mayor estabilidad.

Respecto a las normativas europeas, la norma UNE-EN 15946:2012 (*Conservation of cultural property. Packing principles for transport*) recoge los principios de embalaje para el transporte, tanto antes del mismo (evaluación de riesgos, protección de la superficie, amortiguación, protección externa, etc.), el propio embalado, como la descarga, recepción y desembalado. De la misma forma, la norma UNE-EN ISO 780 (*Envases y embalajes. Símbolos gráficos para la manipulación de mercancías*) precisa el conjunto de símbolos convencionales para señalar las instrucciones de manipulación de los embalajes.

Por otro lado, es indispensable el conocimiento de materiales para el transporte de obras de arte [1]. El Instituto de Patrimonio Cultural de España (IPCE) y el Departamento de Pintura y Restauración de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), desarrollan el proyecto POLYEVART. Esta línea de investigación evalúa diferentes productos que se utilizan en conservación-restauración [2].

El proyecto estudia los siguientes grupos de materiales:

- materiales usados como productos de conservación, embalaje, depósito y exposición, y polímeros en contacto con los Bienes Culturales (de sujeción, protectores, aislantes y de embalaje);
- materiales filmógenos utilizados en el tratamiento de los Bienes Culturales (adhesivos, consolidantes y recubrimientos).

Muchos de ellos, no estaban concebidos para su uso en contacto con bienes culturales por lo que se hace necesario el estudio de su composición y comportamiento en el tiempo, diferenciando entre contacto de duración limitada (transporte) y contacto a largo plazo (almacenamiento) [2].

El Instituto Canadiense de Conservación contempla otros aspectos y facilita un software (*PadCAD 3.0*) [3] capaz de calcular riesgos introduciendo los parámetros del paquete. Incorpora una amplia gama de materiales en su base de datos con la que simula predicciones que ayudan a diseñar las capas de amortiguación y aislamiento. Además, cuenta con asistencia para introducir los parámetros de diseño que advertirán de valores no adecuados para la geometría de la capa de amortiguación, riesgo de impacto contra superficies internas de los contenedores, efectos de resonancia, etc. Del mismo modo, *PadCAD* proporciona una lista detallada de los componentes individuales del sistema de amortiguación y calcula las necesidades totales de material de relleno.

El empaquetado, manipulación y el transporte ha sido una de las áreas de interés del grupo de trabajo del ICOM de Conservación Preventiva que aglutinó el anterior grupo denominado Protección de Obras de Arte durante su Transporte, entre otros. Asimismo, las cuestiones de fuerzas físicas como golpes y vibraciones fueron especialmente contempladas en el programa del trienio 2008-2011 [4]. De esta forma, una de las áreas activas de investigación es la manipulación, embalaje y transporte [5].

PACCIN (*Preparation, Art Handling, Collections Care Information Network*) es una red de profesionales que trabajan en el campo de la conservación y a través de intercambio de experiencias tratan de establecer directrices y códigos de buenas prácticas que garanticen un futuro sostenible para los bienes culturales. Entre sus áreas de interés se encuentran los embalajes, diseño de exposiciones, almacenamiento, etc. Se inició como Comité Profesional de la Asociación Americana de Museos, aunque desde 2014 actúa de forma independiente. Ha publicado los siguientes manuales: *Soft Packing, Methods and Methodology for the Packing and Transport of Art and Artifacts*; *The Crate Itself, Proven Design Techniques and Alternative Ideas*; and *Technical Drawing Handbook of Packing and Crating methods* [6].

Diseño de embalajes: la estrategia de los tres niveles

En primer lugar exponemos las definiciones básicas que ofrece el grupo de trabajo del Plan Nacional de conservación preventiva [7]:

- **Bulto(s)** (*Colis/Package*): Bien(es) cultural(es) pre-parado(s) y embalado(s) conforme a la norma UNE-EN 16648 y listo(s) para el transporte. Un bulto puede contener uno o varios bienes culturales.
- **Caja** (*Caisse/Crate*): Contenedor o estuche rígido que

forma la estructura externa que protege un bien cultural durante su transporte (UNE-EN 15946:2012).

- **Embalaje ligero** (*Caisse navette/Softpaking*): Tipo de embalaje impermeable, construido sobre el modelo de una caja para minimizar golpes y vibraciones en trayectos cortos, pero utilizando espumas, cartones protectores y otros materiales no rígidos.
- **Materiales de embalaje** (*Matériaux d'emballage/Packaging*): Envoltorios, estructuras y elementos que se utilizan para proteger los bienes culturales durante su transporte (UNE-EN 15946:2012).

El diseño de un embalaje debe contemplar una serie de aspectos como: tipología del objeto, materiales constituyentes (metal, madera, marfil, etc.); grado de fragilidad; dimensiones; peso; estado de conservación y características del medio de transporte que se vaya a usar.

De igual forma, cumplirán los siguientes requisitos genéricos:

- diseño del embalaje aislado del suelo, evitando el deslizamiento por el mismo (asas, estructura para transportín, etc.);
- selección del tipo de cierre: con tornillos o anclajes;
- selección de materiales aislantes térmico e hídrico;
- selección de materiales aislantes de choques;
- estabilidad química de los materiales y especial atención a los que se encuentren en contacto directo con la obra (diferenciación entre transporte o almacenaje);
- señalética exterior: símbolos gráficos para la manipulación de mercancías acordes a la norma internacional ISO 780:1997 (E);
- otras medidas de seguridad y/o conservación preventiva: precintos, sondas de parámetros medioambientales o vibraciones, etc.

Por otro lado, las causas frecuentes de daños durante el transporte son [8-9]:

- abrasión de la superficie de la obra debido a que la envoltura o el relleno son inadecuados;
- roce por movimientos, si la obra no se encuentra suficientemente sujeta;
- compresión por el peso de otros objetos;
- daños por choques o caídas accidentales;
- niveles nocivos de humedad y/o temperatura.

Así, para el diseño y construcción de un embalaje se requieren tres niveles de protección. Esta estrategia preservará al objeto en tránsito de los principales peligros. Primer nivel: protección externa rígida. La estructura general del embalaje debe tener la capacidad de soportar un margen determinado de choques o caídas y no permitir deformaciones.

Segundo nivel: amortiguación de choques y vibraciones. Toda manipulación y traslado transmite una serie de vibraciones a la pieza que pueden comprometer la conservación de la misma.

Tercer nivel: aislamiento medioambiental. Los objetos histórico-artísticos necesitan una estabilidad de temperatura y humedad. Normalmente, se utilizan espumas

sintéticas recubriendo todo el interior, además de su estabilidad química deben tener un pH neutro. El espesor estará determinado por su conductividad térmica y las necesidades específicas del objeto a transportar.

El uso habitual de embalajes de madera puede suponer un riesgo frente a los cambios medioambientales, efectos del fuego o ser susceptible de ataques xilófagos. Así, existe una diferencia entre *resistencia al fuego* y *aislante térmico*: mientras que uno pretende retardar el punto de combustión, el otro, trata de evitar la transmisión del calor. De esta forma, un tratamiento ignífugo no implica un aislamiento térmico. No obstante, los medios de transporte deberán contar con medidas de protección activa contra incendios, como alarmas de detección y sistemas de extinción específicos.

El aislamiento térmico es fundamental para garantizar unas condiciones de humedad relativa controlada en un espacio confinado durante el transporte. Igualmente, es importante la estanqueidad al agua.

En definitiva, las características ideales para el elemento de protección externo son [10, p. 9]:

- capacidad ignífuga;
- estanqueidad al agua: mantenimiento de condiciones estables de humedad en el interior del embalaje;
- aislamiento térmico: mantenimiento de condiciones estables de temperatura en el interior del embalaje.

Por otra parte, los cambios de humedad relativa (HR) causan tensiones internas en los materiales de los objetos a transportar, por lo que se necesita mantener unos niveles climáticos óptimos dentro del embalaje. La humedad y la temperatura se relacionan inversamente proporcional: cuando aumenta la temperatura, disminuye la capacidad de contener vapor de agua, llevando consigo una reducción de la HR y viceversa. De esta manera, el control de la temperatura (aislamiento térmico) permite el control de la HR.

Dependiendo de la calidad del aislamiento térmico, los propios materiales constituyentes pueden asegurar un acondicionamiento de la HR. No obstante, se pueden incluir elementos tamponantes (gel de sílice, material celulósico, etc.), aunque el uso de gel de sílice en el interior de la caja puede ser perjudicial en transporte por avión por la influencia de la bajada de temperatura sobre la humedad absoluta en el interior de la caja [11, p. 182].

El intento de determinación de estándares genéricos sólo conduce a una aceptación del cálculo específico de los niveles y rangos de oscilación adaptados a la complejidad del objeto, a las condiciones del transporte y contemplando un procedimiento fiable de adquisición de datos ambientales [12, pp. 103-104]. No obstante, Michalski propone una cuantificación por niveles de los riesgos, así como la sensibilidad y efectos de distintos materiales a las variaciones de la HR y la temperatura [13]. En cualquier caso, es necesario establecer un acondicionamiento tanto de los materiales constructivos del embalaje antes de fabricarlo, como de todo el sistema en el destino.

Por último, hay que tener en cuenta la señalética y pictogramas según la norma ISO 780:1997 (E). Las instrucciones

deberán reflejar un inventariado de cada caja y la forma de desembalaje y reembalaje. Es recomendable enviarlas también por correo electrónico.

El etiquetado y la información de fragilidad y posición vertical deben estar en varios lados de la caja evitando etiquetas que se despeguen o tintas que se borren fácilmente. En caso de embalajes compuestos que por sus características puedan transportar varias piezas, todos los elementos individuales interiores deben estar identificados y referenciados. Además, la caja no debe hacer alusión a los datos relativos a la pieza como, artista, destino, colección, etc. [14, p. 275].

Sistemas de embalaje para objetos tridimensionales

Los embalajes pueden ser individuales o compartidos. Estas soluciones contemplan distintas líneas de investigación como: la simplificación en la construcción, diseño de cajas modulares, nuevos materiales, reciclado responsable, etc.

La solución más aceptada para objetos con una superficie regular consiste en la envoltura de las espumas de protección con material adecuado para poder ver el objeto. En general, los materiales de relleno deben estar limpios, secos y libre de productos químicos nocivos. Para objetos con un peso considerable se puede incorporar una capa adicional de caucho, látex, espuma de polietileno, de polipropileno, de poliestireno, de poliuretano en la base que amortigüe las vibraciones [15, p. 39]. Estos materiales tienen una buena capacidad de absorción de impactos, no obstante, es fundamental calibrar el grado de compresión, pues un nivel de capa de amortiguación totalmente comprimida no cumpliría su función elástica. De la misma forma, se puede añadir una suela antideslizante con láminas de silicona.

Para objetos con superficies relativamente suaves y regulares existe el sistema de embalaje flotante. Será necesario verificar la eficacia del procedimiento que consiste en forrar la pieza con láminas suaves y químicamente estables y luego rodearla con material de relleno (por ejemplo, bolas de extrusionados).

Los embalajes con suspensión presentan otro sistema de protección frente a golpes y vibraciones. Para su eficacia hay que tener en cuenta que la compresión de los muelles esté dentro de su rango elástico. Los ocho resortes se colocan en las distintas direcciones de la caja. Es un sistema que requiere de alta cualificación para un diseño adecuado.

En el sistema de caja con guías [15, pp. 36-38], y tras un estudio de los puntos de apoyo, se articula una serie de soportes deslizables horizontales que se ajustan al contorno de la pieza. Para definir dicho perímetro se pueden usar varios métodos de obtención de datos. En nuestro caso, proponemos la fotogrametría y formación de un modelo 3D.

Usualmente, las plantillas se confeccionan con madera acolchada. Las paredes interiores de la caja dispondrán de unas ranuras que permitirán la colocación de las plantillas en la altura definida. Igualmente, se puede diseñar un embalaje por plantillas para varias piezas. En cualquier caso,

es conveniente incluir una hoja de indicaciones para un posible reenviado.

El embalaje por capas de espuma rígida utiliza la manejabilidad de dichos materiales (por ejemplo, poliestireno expandido) para hacerlos encajar en los contornos de un objeto. De nuevo, será necesario la obtención de datos sobre el perímetro de la pieza para conseguir un ajuste óptimo.

Aproximación a los materiales de embalaje

Soporte rígido

La caja rígida se constituye principalmente de madera contrachapada. También se puede usar el aluminio y, para embalajes ligeros, planchas de cartón. En este caso, existe la ventaja del bajo coste económico pero tiene el inconveniente de la desprotección contra impactos y/o penetración y la exposición a los cambios de temperatura y humedad. Para compensar este hecho, se puede utilizar una primera envoltura con algún material aislante.

La madera contrachapada tiene una serie de ventajas frente a otros materiales como una excelente relación entre su capacidad de resistencia y su peso, así como propiedades de aislamiento y reserva frente a la humedad relativa, además de un coste asumible. Además presenta facilidad de manufactura. Asimismo, el grosor de las planchas de contrachapado garantiza la resistencia a la perforación.

Se ha pasado de usar espesores entre 8 y 12 mm para cajas pequeñas y medianas, y de 20 mm para cajas de mayor tamaño [16, p. 9/91-2], a utilizar grosores de 15 mm para caja estándar a 20 mm para cajas reforzadas [14, p. 275]. Como precaución se tendrá en cuenta la morfología de las cajas, ya que los embalajes altos y estrechos podrían comprometer su estabilidad.

La unión de bordes suele ser uno de los aspectos que más influyen en la robustez estructural. Se recomienda un estudio de encaje. Los tirafondos deben tener una separación entre 250 y 300 mm [16, p. 9/91-4]. Además, para los refuerzos de los ensambles, y si procede también de los laterales, se utiliza pino macizo de 20-30 mm de grosor [14, p. 275].

Para los casos en los que el peso es elevado, se puede prever un espacio para permitir que las palas de la transpalette, carretilla elevadora o grúa horquilla encajen debajo del embalaje (patines o esquís).

Podemos encontrar asas metálicas y de madera por lo que para su elección, tendremos en cuenta el peso del objeto. Se pueden fijar con tornillos o tirafondos. No obstante, para lograr una buena sujeción de las de madera, se dispondrán tornillos desde el interior y también desde el exterior de la caja.

Por otro lado, la ubicación de las asas no tiene altura definida, aunque una posición entre 50 y 60 cm de la base de la caja es adecuada para embalajes medianos. Para cajas más grandes, habría que añadir un nuevo par de asas a mayor altura: entre 150 y 165 cm [16]. El Instituto Canadiense de

Conservación recomienda un posicionamiento entre 78 y 82,5 cm [9, step 6].

En algunos casos es necesario revestir el interior de la caja con una lámina que actúe como barrera de agua y proteger los objetos de las propias emisiones de los materiales constituyentes de la caja. Una opción podría ser el Marvelseal 36 que es una película de polietileno y nylon aluminizado [9, step 6; 17, pp. 13-17].

Capas de aislamiento/amortiguación

Los componentes más usuales para la amortiguación de choques y vibraciones son las espumas de polietileno y poliuretano, que tiene muy buenas propiedades de dispersión de vibraciones y de choque. Asimismo, se caracterizan por la baja formación de polvo en el interior del embalaje. El poliuretano es inestable y contiene aditivos [16, p. 9/91-2-3], no obstante, es el mejor amortiguador de choque para objetos ligeros [9, step 6].

El sistema de amortiguación debe ser la parte más flexible del paquete. Como regla general, para esta capa se usa un espesor de material (espumas de polietileno o poliuretano) de 5 cm para objetos de menos de 15 kg y una densidad de 33 kg/m³ [9, step 5].

Pre-envoltorio o materiales de primera protección

El forro primario contribuye de forma sencilla a la eficacia general del embalaje.

Los materiales en contacto directo con la pieza deben ser químicamente inertes. Así, para una primera capa, y dependiendo de cada caso, pueden usarse tejido no tejido de poliéster, polietileno, PET (Melinex) o tejido no tejido a base de fibras de polietileno de alta densidad (Tyvek). Otro material que se ha usado en embalajes es el Gore-tex y los laminados de Gore-tex y Sontara [18].

El Tyvek tiene como principal ventaja su resistencia a la perforación y al desgarrado. Es un material transpirable, impide los procesos de condensación, antiestático y reciclable. Gore-tex tiene propiedades antiadherentes, es una superficie flexible, no abrasiva y transpirable. Sontara es un tejido fabricado por presión hidráulica. Es resistente a la abrasión y a los disolventes como alcoholes, hidrocarburos halogenados, cetonas, o agua. Resiste las soluciones acuosas de ácidos y álcalis.

Las láminas de polietileno también se utilizan como pre-envoltura. Sin embargo, es recomendable interponer un material suave o separar la pintura de la bolsa hermética de polietileno.

Otro aspecto importante de los materiales sintéticos en láminas es su capacidad para crear cargas electrostáticas que pueden atraer partículas de polvo en el interior del embalaje.

Según Thomas O. Taylor, la mejor opción de láminas para usar en embalajes de obras es el poliéster con orientación biaxial, no recubierto y pulido. También considera el uso de

Tabla 1. Propuesta de materiales recomendables para su uso en embalajes técnicos [14, pp. 293-295; 15, p. 39; 9, step 4, step 5; 19-20].

Pre-envolturas	Aislamiento / amortiguación	Otros materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Papeles libres de ácido y lignina • Papel cristal (pulpa de celulosa glaseado fino. Biodegradable libre de ácido y cloro) • Papel Renaissance • Papel Permalife • Coroplast, Cor-X TM (polietileno / polipropileno cartón ondulado) • Láminas de poliéster (Mylar, Dartek) • Poliéster no tejido (Reemay, Hollyte) • Polietileno con unión por hilatura (Nomex, Tyvek) • Gore-Tex y Sontara • Láminas de polietileno • Bubblewrap (llenos de gas inerte) • Fieltro (Poliéster o acrílico) • Teflon, Relic wrap (fluoropolímero sintético, químicamente inerte, no tóxico, y no absorbente) 	<ul style="list-style-type: none"> • Espumas polietileno en varias densidades • Varillas de respaldo Sonofoam (varillas de espuma de polietileno) • Ethafoam • Espuma de polietileno Volara (tipo 2A) • Plastazote PO53 • Zotefoam • Microfoam • Unifoam (impregnado de carbono) • Espuma de poliestireno (aislamiento térmico inestable a medio plazo). Prosean, Styrofoam • Espuma de poliuretano (inestable a corto plazo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales tampón para microclimas: Arten Gel, gel de sílice • Adhesivos: Colas de fusión en caliente / adhesivos para unir soportes de espuma (3M 3764 y 3792, Bostik Thermogrip 6363) • Velcro • Madera contrachapada para exteriores • Películas plásticas aluminizadas: Medex; Marvelseal; Claryskin L • Siliconas (juntas de estanqueidad y capa antideslizante). Pueden liberar ácido acético • Neopreno (juntas de estanqueidad). Libera cloro • Gator Foam and Gator Board (espuma de poliestireno extruido encerrado entre las capas de fibra de melamina y madera. No está libre de ácido)

triacetato, polipropileno, poliestireno o polietileno sin aditivos. Por el contrario, no recomienda el celofán (en su fabricación se usa el disulfuro de carbono y ácido sulfúrico), el cloruro de polivinilo, el cloruro de polivinilideno y clorhidrato de caucho [19, p. 3].

Método de plantillas por fotogrametría: obtención del modelo 3D

A continuación enumeramos los materiales usados para la obtención del modelo 3D y su edición.

Instrumental para documentación fotográfica:

- cámara digital Sony Alpha DSLR-A390, de 14 Mpixels de resolución máxima, 4592×3056 píxeles efectivos, con objetivo Sony 18-55 mm.

Software y hardware necesario en los trabajos de gabinete:

- *123D Catch Autodesk* para el levantamiento del modelo 3D;
- *Autodesk 123D Make* para la edición del modelo 3D.
- ordenador Intel Core i7, a 2.8 GHz con 4GB de RAM, 750 GB de disco duro, tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 720M.

El primer paso para la creación de una plantilla adaptada al contorno de la pieza fue la digitalización de ésta misma en tres dimensiones. Existen varios programas informáticos libres que, a partir de una serie de imágenes, se origina un modelo geométrico 3D de un objeto concreto. Algunos de ellos son gratuitos y trabajan en la nube, es decir, que el cálculo del levantamiento no se realiza con los recursos del ordenador personal sino en servidores externos. Para el presente estudio hemos utilizado *123D Catch Autodesk* que nos permite un máximo de 40 fotografías.

Podemos dividir el proceso en las siguientes fases:

- Planificación: el levantamiento fotogramétrico requirió del estudio previo de una serie de cuestiones como el tamaño del objeto, el tipo de luz que incide sobre el mismo, la accesibilidad y/o posibles obstáculos visuales. Es decir, requería una planificación de la documentación, que podemos resumirla en los siguientes puntos:
 - ☐ boceto del objeto;
 - ☐ disposición del barrido de la cámara;
 - ☐ determinación de la distancia entre cámara y objeto y distancia de solapamiento superposición entre tomas fotográficas.
- Observación del objeto: los principales aspectos a tener en cuenta estaban relacionados con la morfología del objeto. No obstante, destacamos otras cuestiones que influyen en una metodología correcta: un elemento de elevada altura puede producir vacíos de información allí donde las tomas fotográficas no lo registra (en este caso, sería necesario el uso de medios auxiliares para alcanzar todos los puntos de vista); el escaso espesor o profundidad de la pieza; los brillos y transparencias que también pueden inducir a errores; el entorno

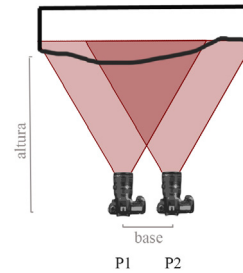


Figura 1. Esquema de la relación base/altura.



Figura 2. Obtención del modelo 3D por fotogrametría. Disposición de las distintas tomas fotográficas.

donde se ubica el objeto (toda barrera que se interponga entre la cámara y el elemento a registrar, entorpecerá la documentación del mismo); luces y sombras demasiado contrastadas impedirán la creación de un correcto modelo tridimensional.

- Toma de imágenes. A continuación enumeramos las condiciones para el barrido fotográfico:
 - ☐ coherencia entre las distintas calidades de las imágenes (megapíxeles) y las prestaciones tanto de los distintos programas como del equipo informático;
 - ☐ misma distancia focal (50 mm);
 - ☐ mismo nivel de luz para el conjunto de imágenes. Los grandes contrastes de luces y sombras dificultan la interpretación digital de la pieza, por lo que se desaconseja el uso del flash (utilizar medios auxiliares como toldos, cortinas, etc., para conseguir luz difusa);
 - ☐ toma de imágenes de varios ángulos diferentes y elevaciones;
 - ☐ control de la profundidad de campo; las áreas de desenfoco inducen a distorsionar el levantamiento 3D; diafragma: $f/16-f/22$;
 - ☐ control del movimiento; velocidad corta: $1/125-1/160$; uso de trípode y retardo de disparo;
 - ☐ la relación base/altura (Figuras 1 y 2) es la proporción que existe entre la distancia de separación de cada toma de imagen y la distancia entre la cámara y el objeto a registrar; en nuestro caso, consideramos la proporción 1:4 como relación óptima de base/altura;

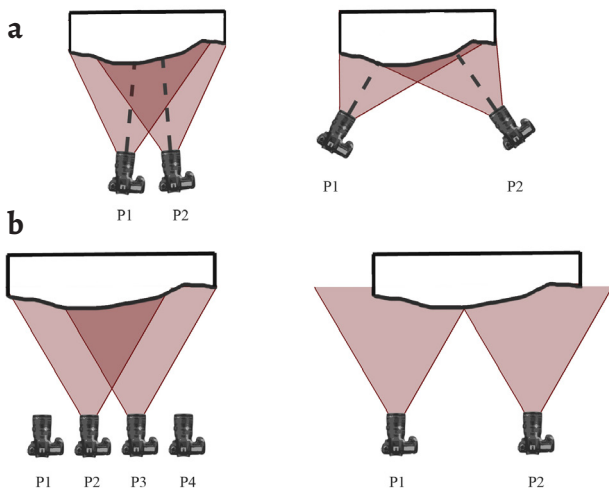


Figura 3. Esquemas correctos (izquierda) e incorrectos (derecha) en las posiciones de las distintas tomas fotográficas.

- ▣ desplazamiento entre las tomas de imágenes: la cámara no se giró sobre sí misma más de 30 grados entre pares de fotografías (Figura 3a);
- ▣ 60% de solape mínimo entre imágenes (Figura 3b).

Para obtener una mayor precisión se elegirá, si procede, un tamaño máximo en la malla de puntos en el programa informático de obtención del modelo 3D.

Por otro lado, al exportar el archivo, se crean varios ficheros (.jpg, para las texturas; .mtl, para los materiales y .obj, que contiene el propio modelo) que se pueden importar a un software de modelado 3D. Siempre deben permanecer los tres juntos en el mismo directorio, de lo contrario se perderá parte de la información.

Tratamiento digital: del modelo 3D a la plantilla

Una vez importado el fichero con nuestro modelo 3D al software de tratamiento, se puede descomponer en partes, en cortes transversales apilados, y posteriormente imprimir la zona que interese. Para este apartado se ha utilizado la aplicación Autodesk 123D Make.

A continuación describimos el proceso de tratamiento digital:

- Configuración del programa informático. En primer lugar, en el desplegable de ajustes de fabricación se configuró los parámetros métricos. Así, en la opción de *grosor*, se reflejó el espesor de las láminas del material que elijamos para nuestro embalaje. También existe la opción de cambiar el tamaño del objeto, con lo que se corregirían pequeños errores en la obtención del modelo (Figura 4). El programa habilita una serie de opciones de descomposición 3D de las que el *corte transversal apilado* transformó la pieza en un conjunto de unidades (Figura 5). Al mismo tiempo, creó un archivo imprimible con la planta de cada elemento numerado y con marcas para facilitar el apilado correcto. Este

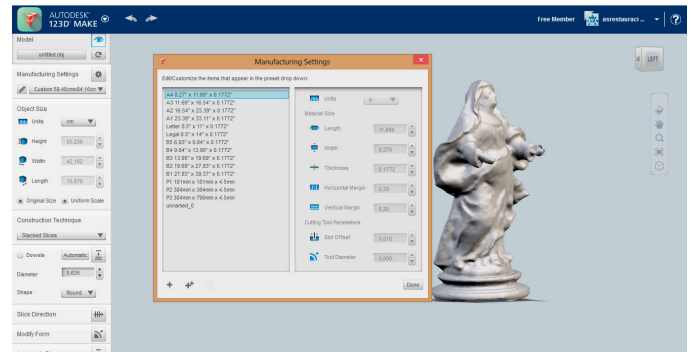


Figura 4. Importación del archivo obj y modificación de parámetros métricos.

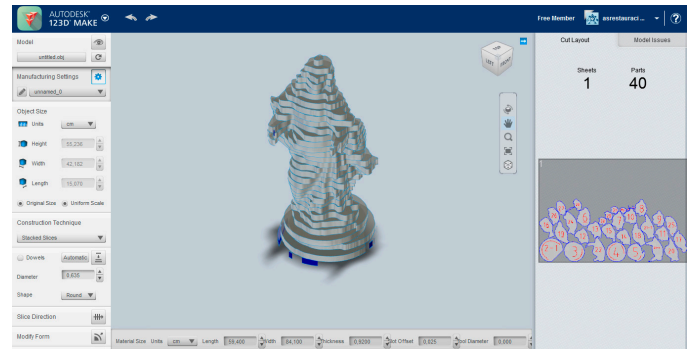


Figura 5. Descomposición del modelo 3D en un conjunto de cortes transversales apilados.

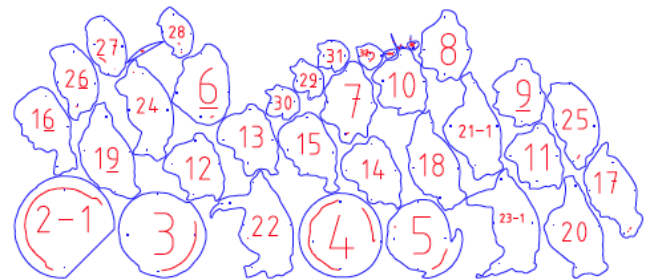


Figura 6. Hoja de plantillas de los distintos elementos en los que se ha descompuesto nuestro modelo 3D.

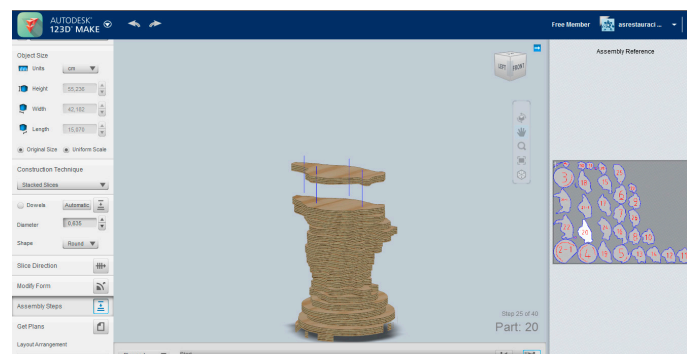


Figura 7. Elección y localización de la pieza a imprimir.

archivo puede ser exportado como pdf y se puede elegir el formato normalizado de papel (Figura 6).

- Localización. Una vez estudiada la zona donde se pondría la plantilla en la pieza a transportar, se pudo localizar el elemento adecuado en la opción *pasos de montaje* (Figura 7). Así, se determinó el número de la

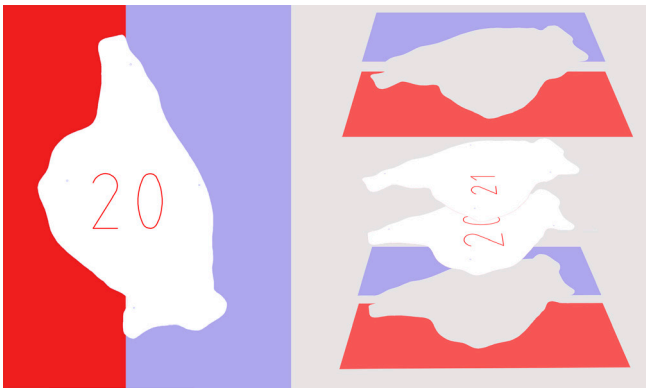


Figura 8. Impresión de la planta necesaria. Las dos zonas de color se corresponden a los dos soportes deslizables que sujetarán la pieza a transportar. Derecha, perfil del recorte de la cara superior e inferior de la plancha elegida. En blanco, silueta superior e inferior de la pieza, áreas desechables quedando el negativo ajustado a la misma.

pieza a imprimir (contextualizando la plantilla necesaria en el visor del propio programa informático).

- Impresión. Posteriormente, ya decidido el número de plantilla, se pudo imprimir en papel (impresora común o plotter). Es necesario imprimir dos número de posiciones consecutivas, uno para la parte superior de la plancha a recortar y otro para la parte inferior de la misma. Así se logró el ajuste a la morfología de la pieza, atendiendo a todos sus desniveles (Figura 8).
- Fabricación. En la Figura 8 distinguimos tres zonas: las áreas roja y azul, que disponen la parte delantera y trasera de la plantilla que sujeta la pieza, y la zona blanca central (que es la síntesis digital de la pieza). Estas dos partes (roja y azul) son las precisas para fabricar los soportes horizontales del embalaje (Figura 9), que marcarán las líneas a recortar en el material elegido. El programa genera cuatro puntos en cada uno de los recortes que se alinean entre sí, formando cuatro ejes, para marcar la posición correcta de cada una.

Igualmente, podemos fabricar un embalaje por plantillas rígidas. En esta modalidad, la serie de láminas del material de amortiguación cubre por completo el volumen del objeto cultural (Figura 10). En el proceso de construcción deberemos imprimir todas las plantillas que el programa informático nos proporcione y recortarlas según el procedimiento descrito anteriormente (recortando y desechando la zona blanca representada en la Figura 8, obtenemos el negativo de nuestro objeto en cuestión).

Conclusiones

El envío de objetos culturales requiere una metodología planificada, aunque, el nivel de protección necesario, las exigencias de la propia pieza y las limitaciones económicas, condicionan el método de embalaje. Igualmente, las características del elemento a transportar y el sistema de envío

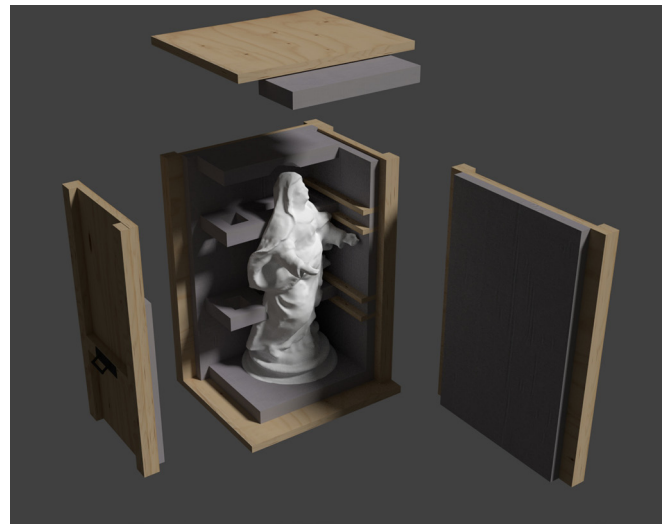


Figura 9. Infografía de embalaje por plantillas. Desarrollo de la mitad de las distintas partes que comprenderían el embalaje interno.



Figura 10. Infografía de embalaje por plantillas rígidas. Desarrollo de la mitad de las distintas partes que comprenderían el embalaje interno.

determinan los materiales de construcción del mismo. Sin embargo, lo más complejo es determinar la fragilidad del objeto puesto que depende de varios factores (naturaleza, estado de conservación, definición de puntos débiles, resonancia, etc.). El examen del conservador-restaurador facilita las necesidades del diseño.

La utilidad del sistema de plantillas por fotogrametría radica en el equilibrio entre la precisión del ajuste a la pieza a transportar, la sencillez de la metodología (una vez familiarizado con el proceso informático) y la propia economía del sistema, pues las plantillas se pueden imprimir en papel y transferirlas al material de relleno. Igualmente, la oferta de programas informáticos gratuitos o de coste asequible hace que no incremente la partida presupuestaria.

Este método cuenta con las siguientes ventajas:

- metodología no invasiva: no es necesario un contacto directo con la pieza puesto que la obtención de los datos geométricos se realiza fotográficamente;
 - tiempo de ejecución: la duración de las operaciones para obtener el modelo y su descomposición es relativamente corta; será necesario una planificación de la sesión fotográfica, además, la calidad y número de fotografías influyen en la duración del levantamiento fotogramétrico; sin embargo, las evoluciones de los programas informáticos tienden a optimizar todos los recursos;
 - coste asequible frente a otros métodos como el escáner láser; el uso de los programas informáticos propuestos es gratuito y sólo requiere de una cuenta de registro convencional;
 - precisión: la fotogrametría puede conseguir un alto nivel de fidelidad;
 - documentación y registro: la metodología propuesta permite el registro tanto de la morfología como de la textura; el aumento de la calidad de las imágenes permitiría un complemento a la documentación que podría sumarse a la evaluación del posible impacto del tránsito de la pieza;
 - versatilidad: este procedimiento puede adaptarse a otras funciones que necesiten adecuarse a la pieza, como por ejemplo, diseño de soportes para exposición, presentación de la pieza al propietario, etc.
- Del mismo modo, observamos los siguientes inconvenientes:
- dificultades para la obtención del modelo: las condiciones de luz (grandes contrastes de luz y sombra), reflejos, transparencias pueden provocar desviaciones morfológicas; la solución pasa por cuidar la fase de fotografía para un buen levantamiento fotogramétrico;
 - recursos físicos: existen programas de escritorio que pueden dar una precisión más alta y mayor control de parámetros aunque consumirán muchos recursos del ordenador;
 - dispersiones en la traducción de digital a analógico: utilizamos dos procesos digitales; en la descomposición del modelo 3D en cortes transversales apilados el programa realiza una optimización de las formas por lo que piezas extremadamente complejas (pliegues, texturas,...) sufrirán una simplificación; no obstante, sólo necesitaremos las zonas de anclajes cuya ubicación habrá sido estudiada para la disposición de los soportes deslizables horizontales.

No obstante, la metodología propuesta puede desarrollar un potencial mayor puesto que la evolución de nuevas tecnologías permite la obtención de un modelo más preciso e impresiones 3D en multitud de materiales (a estudiar la compatibilidad de los mismos).

REFERENCIAS

1. Ortega Ortega, A., 'Embalajes y materiales para el transporte de obras de arte', *Boletín PH* 16 (1996) 60-62, <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/374#.W35NCLhx3IV> (acceso 2018-6-11).
2. 'Presentación evaluación de productos utilizados en conservación y restauración de bienes culturales POLYEVRT', Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, España, <http://www.culturaydeporte.gob.es/cultura/areas/patrimonio/mc/polyevart/presentacion.html> (acceso 2018-6-11).
3. 'PadCAD', Government of Canada, <https://app.pch.gc.ca/application/padcad/index.app?lang=en> (acceso 2018-6-11).
4. Pretzel, B., 'Preventive conservation working group triennial programme 2008-2011' (2010), ICOM-CC, <http://www.icom-cc.org/54/document/preventive-conservation-working-group-triennial-programme-2008-2011/?id=754#.XbzCEGRzPY> (acceso 2017-6-23).
5. 'Active areas of research in preventive conservation', <http://www.icom-cc.org/132/Research%20themes/#.VIDLL3YvFIV> (acceso 2018-6-11).
6. 'About PACCIN', PACCIN, <http://www.paccin.org/content.php?15-History-of-PACCIN> (acceso 2018-6-11).
7. 'Plan nacional de conservación preventiva', Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, España, <http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/conservacion-preventiva.html> (acceso 2018-6-11).
8. 'Guía de embalaje', FLECHA, <https://flecha.es/embalaje> (acceso 2018-8-16).
9. Marcon, P., 'Six steps to safe shipment', Canadian Conservation Institute, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/six-steps-safe-shipment.html> (acceso 2018-8-16).
10. 'CFPA E Guideline No 29:2013 F. Protection of paintings: transport, exhibition and storage', *Confederation of Fire Protection Associations-Europe (CFPA-E)* (2013), http://cfpa-e.eu/wp-content/uploads/files/guidelines/CFPA_E_Guideline_No_29_2013_F.pdf (acceso 2018-6-11).
11. de Tapol, B., 'Qué ocurre cuando los criterios de préstamo se centran solamente sobre la calidad de la caja', en *El Guernica y los Problemas Éticos y Técnicos de la Manipulación de Obras de Arte*, Fundación Marcelino Botín, Santander (2002) 99-117.
12. Herráez, J. A., 'El control de las condiciones ambientales en el transporte de obras de arte', en *El Guernica y los Problemas Éticos y Técnicos de la Manipulación de Obras de Arte*, Fundación Marcelino Botín, Santander (2002) 173-183.
13. Michalski, S., 'Los niveles ABC para la evaluación de riesgos en las colecciones museísticas e información para interpretar los riesgos derivados de una incorrecta humedad relativa y temperatura', *II Seminario del Grupo de Conservación Preventiva*, Museo Nacional del Prado, Madrid, (2009), http://ge-iic.com/files/grupoconservacionpre/Michalski_Madrid.pdf (acceso 2017-12-6).
14. Fernández, C.; Arechavala, F.; Muñoz-Campos, P.; de Tapol, B., *Conservación Preventiva y Procedimientos en Exposiciones Temporales*, GE-IIC, Madrid (2008).
15. Stollow, N., *Procedures and Conservation Standards for Museum Collections in Transit and on Exhibition*, UNESCO, Paris (1981).

16. Richard, M.; Mecklenburg, M. F.; Merrill, R. M. (eds.), *Art in Transit. Handbook for Packing and Transporting Paintings*, National Gallery of Art, Washington (1997).
17. Burke, J., 'Vapor barrier films', *WAAC Newsletter* **14**(2) (1992) 13-17.
18. Purinton, N.; Filter, S., 'Gore-tex: an introduction to the material and treatments', *The Book & Paper Group Annual* **11** (1992) 141-155, <https://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v11/bp11-33.html> (acceso 2017-10-13).
19. Taylor, T. O., 'The use and identification of plastic packaging films for conservation', *The Book & Paper Group Annual* **4** (1985) 98-107, <https://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/annual/v04/bp04-12.html> (acceso 2017-10-13).
20. 'Materials index', PACCIN, <http://www.paccin.org/content.php?63-Materials-Index> (acceso 2018-6-11).

RECIBIDO: 2018.6.4

REVISTO: 2018.8.23

ACEPTADO: 2018.10.4

ONLINE: 2018.11.9



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>.

Fungal stains on paper: is what you see what you get?

Manchas de fungos em papel: o que se vê é o que se obtém?

SÍLVIA OLIVEIRA
SEQUEIRA^{1, 2 *} 
HUGO Paiva de
Carvalho³ 
NUNO Mesquita³ 
ANTÓNIO Portugal³ 
MARIA FILOMENA
MACEDO^{1, 2} 

1. Departamento de Conservação e Restauro, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal
2. VICARTE, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal
3. Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, 3000-456 Coimbra, Portugal

* sos11865@campus.fct.unl.pt

Abstract

Mitigation of fungal biodeterioration on paper documents and artworks represents a challenge to conservators worldwide. Numerous lists of fungal species have been identified from paper collections, but are those species responsible for the respective biodeterioration phenomena or just environmental contaminants? The present work was aimed at obtaining an association between specific fungal stains and causative fungal species. 23 stains from three paper documents were sampled. Fungal structures observed in situ with optical and scanning electron microscopy were compared with the identification of isolates by molecular biology tools. Correlation between the observed fungal structures and the identified fungal isolates was achieved, varying from 13% to 64% of the samples within the three studied documents. Grey/black and dark brown stains were associated with *Chaetomium globosum*, *C. murorum*, *Penicillium chrysogenum*, *P. commune*, *Myxotrichum deflexum* and *Stachybotrys chartarum*. *Eurotium rubrum* was isolated from a foxing stain and *Penicillium citrinum* was identified on light orange stains.

Resumo

A mitigação da biodeterioração causada por fungos em obras de arte e documentos em papel representa um desafio para os conservadores em todo o mundo. Inúmeras listas de espécies fúngicas têm sido identificadas a partir de coleções em papel, mas serão estas espécies responsáveis pelos respetivos fenómenos de biodeterioração? O presente estudo teve como objetivo associar espécies de fungos específicas a manchas observadas em documentos e obras de arte em papel. Foram amostradas 23 manchas existentes em três obras em papel. A observação in situ das estruturas fúngicas, com recurso a microscópio ótico e microscópio eletrónico de varrimento, foi comparada com a identificação de isolados através de técnicas de biologia molecular. As manchas negras e de tom castanho-escuro foram associadas às espécies *Chaetomium globosum*, *C. murorum*, *Penicillium chrysogenum*, *P. commune*, *Myxotrichum deflexum* e *Stachybotrys chartarum*. A espécie *Eurotium rubrum* foi isolada de uma mancha de foxing e a espécie *Penicillium citrinum* foi identificada em manchas de tom laranja claro.

KEYWORDS

Fungal stains
Paper conservation
Identification of fungi
SEM
DNA

PALAVRAS-CHAVE

Manchas de fungos
Conservação de papel
Identificação de fungos
SEM
ADN

Introduction

Biodeterioration caused by moulds is a major problem affecting paper-based collections in museums, archives and libraries all over the world [1]. Fungi have the ability to decompose paper materials, through the production of an array of deteriorating enzymes and metabolites, causing the loss of mechanical strength in paper. On an advanced stage of deterioration by fungi, paper acquires a felted consistency, with little or no mechanical resistance and its manipulation may result in losses of material and information. Besides chemical and physical damage, fungi often cause aesthetic alterations on paper through the production of coloured pigments, which interfere with the readability of the object and diminish their artistic and monetary value [2-3]. The chemical products excreted by the fungi will remain in the paper matrix and continue their deleterious effects, even after the fungi are inactivated [4]. Depending on the causative species is the treatment to be applied, e.g. different stains, created by different fungi, demand different conservation treatments [5]. However, one must acknowledge that determining the microorganisms responsible for paper biodeterioration can be a very complex process that has led to confusion and never-ending lists of possible culprits.

Fungi have been identified from paper sampling either by classic morphology identification or DNA sequencing (by culture dependent processes or direct DNA extraction) [6-11]. Different methods of analysis have their pros and cons. Conventional culturing methods highlight the viability of the fungal flora and are still the most currently used for fungal assessment. According to Sanmartín *et al.* [12], while cultivation methods generally recover less than 1% of the total amount of bacteria present in environmental samples, the recovery rate for fungi is estimated to be more than 70%. Though timeconsuming and requiring a trained eye, morphologic characterization preceded by culture is widely available, allows for an easy isolation of single species and is relatively cheap. But it only provides a partial picture. Most of the knowledge on fungal flora is lost when using only morphologic characterization. Even though, the use of DNA based methods is still hampered by the high costs and needed technical expertise. Additionally, when extracting DNA directly from samples, the methods of separation may not be fully reliable on an actual scenario. Most studies that report fungal organisms dwelling on paper-based supports make use of the denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) method, involving the Sanger sequencing of the community DNA samples, with adequate designed primers, and rDNA library construction for clone profiles comparison [13-16]. DGGE has been applied to the typification of fungal communities in cultural heritage studies because of its advantage of directly profiling microbial populations present in specific artefact materials [13-14, 17]. However, in spite of being one of the most used culture-independent methods in microbial communities typification, it has a high

cost per sequencing unit and few sequences are obtained with the clone libraries analysis, thus giving little information about the community structure [18-19]. Moreover, this technique does not provide any information on the activity/inactivity of a possible causative deteriorogen species. Recently, next-generation sequencing (NGS) has also been used as a culture-independent method to assess microbial flora in cultural heritage materials [11, 20-22]. Even though this metagenomic analysis provides a fast and exhaustive identification of the present microorganisms, the operational taxonomic units (OTUs) are obtained with a maximum 97% similarity, which only allows for a reliable identification at the genera level.

Regardless of the method, the identification of a fungal genus or species sampled from a document does not necessarily mean it is the actual cause for the observed biodeterioration. In fact, what is identified may be contaminant species and not the actual colonization/degradation culprits [16]. A few recent studies are already examining microbial cells directly on biodeteriorated areas, to confirm the presence of colonizing microorganisms [15-16, 23], but there is still a general lack of knowledge of the association of particular types of biodeterioration with specific species.

The aim of the present work was therefore to correlate fungal stains observed on paper objects with the fungal species actually found colonizing those areas. To do so, the fungal species identified by morphologic and molecular biology methods were cross-checked with the fungal structures directly observed in the sampled stains, and the colour of the stain compared with colourant production by those species according to the literature. This is the first time such a systematic cross-validation is performed, to our knowledge.

Materials and methods

Studied documents

Two books and one print on paper, showing fungal stains, were selected (Figure 1). Document 1 (D1), a paperback wood pulp printed book dated from 1982, exhibited coloured stains mainly on the back cover and endleaves. Document 2 (D2), a quarter leather binding book dated from 1853, was composed of rag paper (endleaves) and printed wood pulp paper (text block). Coloured fungal stains were observed on the endleaves and foxing on the text block of D2. Document 3 (D3), a painted print on paper, was profusely stained, with severe loss of mechanical strength. In all three documents, the stains were located within or nearby areas delimited by tide lines, where direct contact with water took place.

Microscopic examination of stains

Stains with distinct appearances under the stereomicroscope (Leica MZ16) were selected and sampled using small squares (2.25 mm²) of adhesive tape (Scotch Magic), or scalpel and tweezers [24]. Collected samples were observed by

optical microscopy (OM) (Zeiss Axioplan 2 imaging system) with lactofuchsin mounting fluid. When the results obtained by OM were non-conclusive, scanning electron microscopy (SEM) (field emission gun scanning electron microscope, JEOL 7001F) after Au/Pd sputter coating (Q150T ES, Quorum Technologies) was performed. Only the samples exhibiting fungal structures were selected for further analysis.

Identification of fungal species

Sterile cotton swabs were used to collect samples from the selected stains. After a brief shaking in sterile water, for propagule dispersion, the solution was inoculated in two Petri dishes, one with potato dextrose agar (PDA, Difco) and another with malt extract agar (MEA, Difco), followed by incubation at 28°C. The different colonies were isolated into axenic cultures and incubated for subsequent morphologic and molecular identification. DNA was extracted from the colonies using the Extract-N-AMP (Sigma-Aldrich) kit, according to the manufacturer's instructions. After extraction, the ITS region was amplified by PCR, using ITS4 and ITS1F primers. For that purpose, PCR mixes were prepared with 12.5 µl of Green Master MIX (NZYtech) with MgCl₂, 0.5 µl of each primer (10 mM), 10.5 µl of ultra-pure water, and 1 µl of DNA extract, for a final reaction volume of 25 µl. PCR reactions were performed using an ABI GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems), with the following conditions: initial denaturation at 95°C for 2 min, followed by 30 cycles of denaturation at 95°C for 1 min, annealing at 53°C for 1 min, and extension at 72°C for 1 min, with a final extension at 72°C for 5 min. Visual confirmation of the overall amplification of the ITS region was performed using agarose gel electrophoresis (1.2%) stained with Greensafe Premium (NZYTech) and photographed in an image capture device (Bio Rad Gel Doc XR). Amplification products were sequenced using an ABI 3730 genetic analyser, with the Big Dye v.3 Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit (Applied Biosystems). Obtained sequences were analysed and ran in NCBI's BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) database in order to assess the similarity with published sequences. For similarity values higher than 99%, the molecular identification was considered a valid match, although thoroughly confirmed by morphological traits according to Watanabe [25] and Seifert *et al.* [26].

Results and discussion

Twenty-three stains with different appearances were sampled from the studied documents (D1=8; D2=4; D3=11). As presented in Table 1, sampled stains of which observed fungal structures did not correspond to the identified fungal species, were classified as a negative correlation. On the other hand, when the observed fungal structures could have been produced by the identified fungal isolates we could not ascertain an unequivocal match since there are numerous

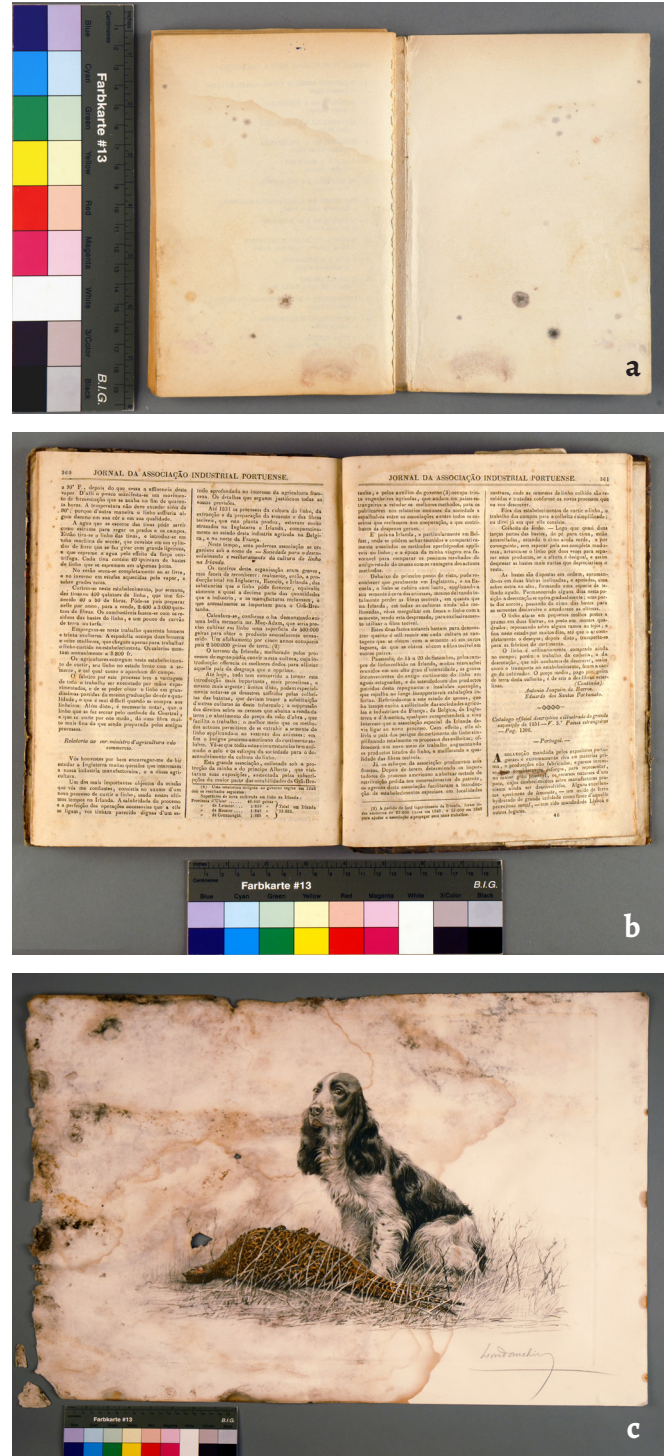


Figure 1. The three biodeteriorated documents used as case studies: a) Document 1; b) Document 2; c) Document 3.

species from each genus producing similar cells. In those cases, a possible correlation was assigned (Table 1).

The percentage of samples with retrievable isolates varied greatly within the three analysed documents, from 25% no D1 book to 82% on D3 print (Figure 2). Unlike documents D2 and D3, document D1 had already been mechanically cleaned. This procedure, by removing the aerial reproductive structures, which are more resilient than vegetative structures, diminished the probability of collecting viable cells within

the sampling swabs. On D3 print, conversely, the stains were profusely covered by aerial reproductive structures, increasing the probability of collecting the fungal cells belonging to the species responsible for the observed biodeterioration.

Within the two samples from D1 yielding isolates (Table 1), no correspondence between the observed microbial structures in D1-B (Figure 3a and 3b) and the characteristic cells from the obtained isolates (*P. citrinum* and *C. globosum*) was achieved. In D1-H sampling point, though, black hairy ascomata were observed on top of the paper (Figure 3c) and brown, lemon-shaped cells (9-10 × 7-8.5 µm) observed within the paper fibres (Figure 3d), which are in accordance with the characteristic melanised perithecia and ascospores, respectively, of the identified *Chaetomium globosum* [27] (Table 1). *C. globosum* has ascospores instead of conidia, and ascospores have higher resistance to heat, pressure and chemicals [28], which may have contributed to the maintenance of this species viability within the sampled document. *C. globosum* has been frequently identified from paper objects [3, 11, 29] and is able to colonize paper due to its amyolytic, cellulolytic, and proteolytic activities [30-31].

Document D2 showed *Penicillium*-like conidiophores on the light orange spots on stain D2-A, where *P. citrinum* was identified. Accordingly, this fungus is known to produce yellow-orange soluble colourants [32]. *P. citrinum* is commonly identified from paper collections [3, 6, 8, 33-35] and has shown to possess high amyolytic activity but low cellulolytic activity [36]. Even though, in the purple area of this same stain

(Figure 4a), several 2-3 µm spherical conidia with roughened walls were observed within the fibres (Figure 4b) under SEM. The species responsible for the production of those conidia remained unidentified since no other isolates were obtained.

Samples D2-C and D2-D were both collected from foxing spots, but only from sample D (Figure 4c), an isolate was retrieved: *Eurotium rubrum* (Table 1). Fungal spores compatible with *Eurotium* species were observed in D2-D stain (Figure 4d). This xerophilic fungus [28] has been previously identified on foxing stains and is able to produce brown colourants [37-38].

Document D3 exhibited mostly dark brown or black stains. Sample D3-A (Figure 5a) revealed *Stachybotrys chartarum* characteristic conidiophores and black conidia [27] (Figure 5b), in a well-developed black coloured colony. However, the obtained isolates did not match this species (Table 1). On sample D3-E, on the other hand, an isolate from *S. chartarum* was identified, which could result from cross-contamination, since D3-A and D3-E were closely located. *S. chartarum*, a known paper colonizer [39-40], is a melanin producer [41], hence the black colour of its colony. Being a producer of highly toxic mycotoxins [42], the identification of such a developed colony of *S. chartarum* on this document alerts to potential health hazards related to the handling of fungal contaminated objects.

The high frequency of *Chaetomium murorum* (= *Botryotrichum murorum* [43]) on document D3 is noteworthy, since this species is rarely identified on paper

Table 1. Sampled stains from Document 1 (D1), Document 2 (D2) and Document 3 (D3) with respective observed colour and L*a*b* coordinates, isolated fungal species, and correlation with fungal structures directly observed in the stains (-: negative correlation; +: possible correlation).

Doc	Stain	Colour	Isolated fungi (similarity %)	Accession number	Correlation observed/isolated
D1	A	Brownish grey	N/A	N/A	N/A
	B	Dark grey	<i>Penicillium citrinum</i> (99)	KT898637.1	-
			<i>Chaetomium globosum</i> (99)	EU128633.1	-
	C	Greyish Brown	N/A	N/A	N/A
	D	Orange	N/A	N/A	N/A
	E	Greyish brown	N/A	N/A	N/A
	F	Reddish brown	N/A	N/A	N/A
	G	Brown, black & olive green spots	N/A	N/A	N/A
H	Dark brown spots	<i>Chaetomium globosum</i> (99)	EU330625.2	+	
		<i>Chaetomium globosum</i> (99)	AB449671.1	+	
D2	A	Purple with orange spots	<i>Penicillium citrinum</i> (99)	KP942904.1	+
	B	Brown/orange, grey spots	N/A	N/A	N/A
	C	Brownish orange	N/A	N/A	N/A
	D	Brownish orange	<i>Eurotium rubrum</i> (99)	U18357.1	+

Fungal stains on paper: is what you see what you get?

Table 1 (continued)

Doc	Stain	Colour	Isolated fungi (similarity %)	Accession number	Correlation observed/isolated
D3	A	Dark brown/black	<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	–
			<i>Chaetomium nigricolor</i> (99)	JF439467.1	–
			<i>Penicillium chrysogenum</i> (100)	KT898599.1	–
B	Dark brown spots	<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.2	–	
		<i>Chaetomium murorum</i> (100)	JQ946413.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.1	–	
		<i>Chaetomium murorum</i> (100)	JQ946413.1	+	
C	Dark brown/black	<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	+	
		<i>Chaetomium</i> sp. (99)	KC427007.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.1	–	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.1	–	
		<i>Chaetomium murorum</i> (100)	JQ946413.1	+	
		<i>Chaetomium murorum</i> (100)	JQ946413.2	+	
D	Dark brown	<i>Myxotrichum deflexum</i> (99)	JQ781738.1	+	
		<i>Penicillium</i> sp. (99)	JQ781832.1	–	
		<i>Myxotrichum deflexum</i> (99)	JQ781738.1	+	
		<i>Myxotrichum deflexum</i> (99)	JQ781738.1	+	
E	Dark brown spots	<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.1	–	
		<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	+	
		<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.2	+	
		<i>Stachybotrys chartarum</i> (99)	AFo81468.2	–	
F	Dark brown spots	<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.1	–	
G	Dark brown	<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	LN809047.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	KT898599.3	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	LN809047.1	+	
H	Dark brown	<i>Penicillium commune</i> (99)	GQ458026.1	+	
		<i>Penicillium commune</i> (99)	GQ458026.1	+	
		<i>Penicillium chrysogenum</i> (99)	JQ781835.1	+	
		<i>Penicillium commune</i> (99)	GQ458026.1	+	
I	Brown	N/A	N/A	N/A	
J	Brown	N/A	N/A	N/A	
K	Dark brown/black spots	<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.2	+	
		<i>Chaetomium murorum</i> (100)	JQ946413.2	+	
		<i>Chaetomium globosum</i> (99)	EU301639.1	+	
		<i>Chaetomium murorum</i> (99)	JQ946413.1	+	
		<i>Chaetomium globosum</i> (99)	AB449671.1	+	

N/A: not applicable, no isolates were obtained.

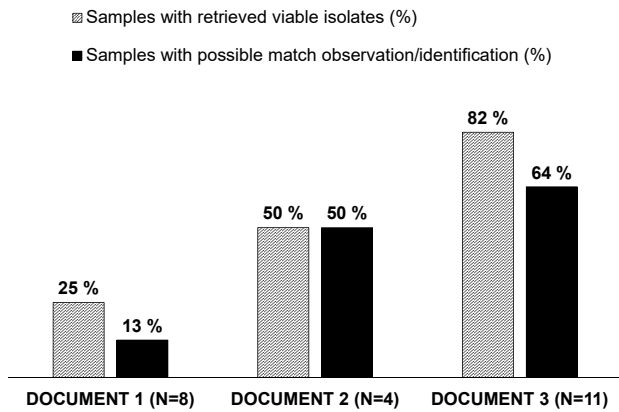


Figure 2. Percentage of samples yielding viable isolates, and samples with possible correspondence between observed fungal structures on the stains and identified isolates.

[11, 44], whilst *C. globosum* is much more frequent [3, 11, 29, 34]. *Chaetomium* species are well known for their ability to degrade cellulose [43]. *C. globosum*, the most common species of the more than 400 existing species of the *Chaetomiaceae* family in the indoor environment, has shown to be one of the important contributors to the development of symptoms of rhinitis, asthma and other health problems, being the most common human pathogen associated with nail infection [43]. Nevertheless, little is known about the other *Chaetomium* species and their potential hazard to humans and materials. Wang *et al.* [43] analysed the metabolic profile of several *Chaetomium* species and *C. murorum* has shown to produce a lower variety of toxic metabolites than *C. globosum*. Pietrzak *et al.* [45] analysed different fungal strains for their cellulolytic activity and *C. murorum* and *C. globosum* strains revealed no and low cellulolytic activity, respectively.

Myxotrichum deflexum, observed (Figure 5d) and identified (Table 1) on stain D3-D (Figure 5c), with its large dark brown balls of branching hyphae [46], has already been previously identified from paper collections [11, 47]. This species

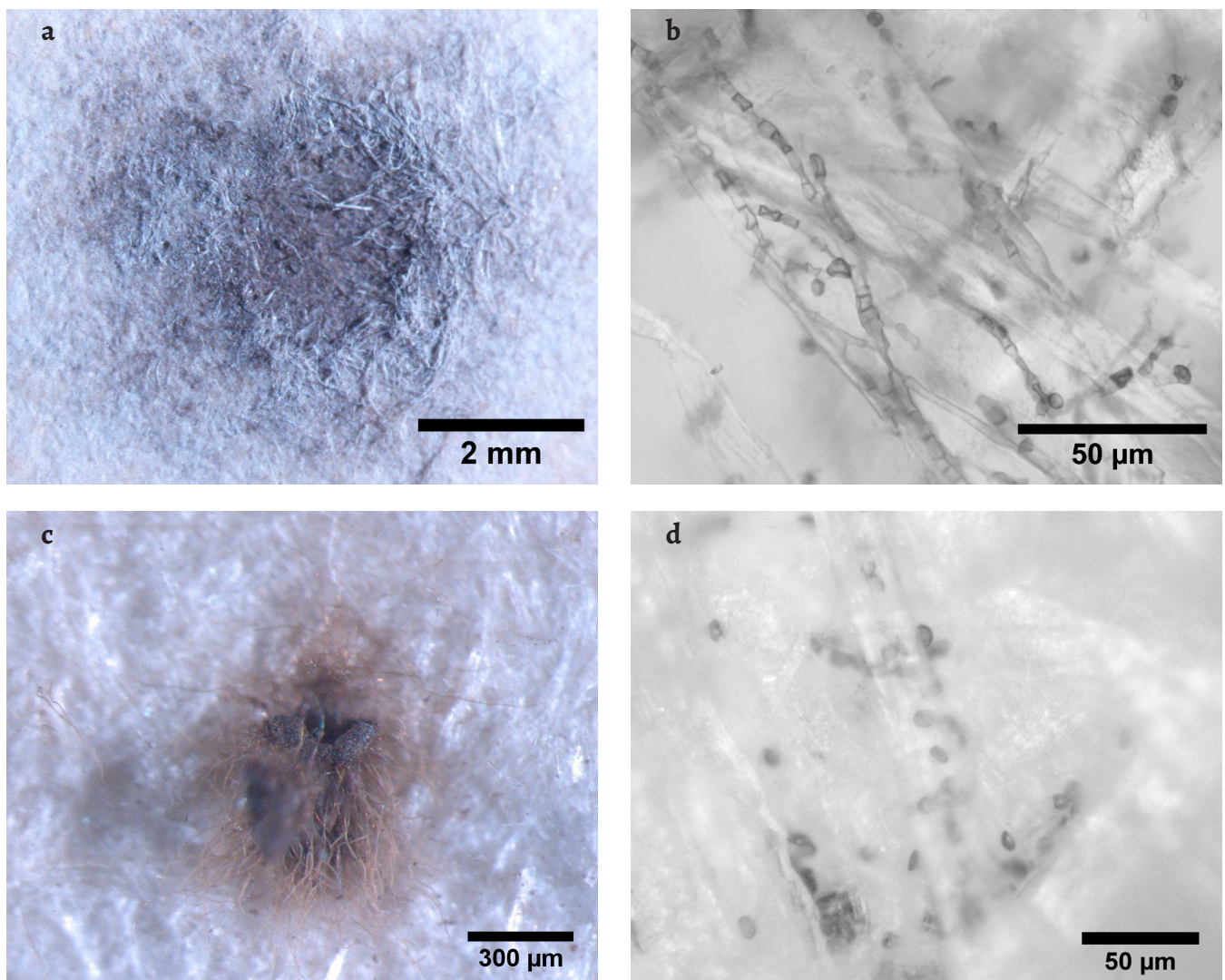


Figure 3. Stereo microscopy and OM images of stains and fungal structures observed on document D1: a) stain D1-B under the stereomicroscope; b) OM image of microbial cells observed on sample D1-B; c) stain D1-H under the stereomicroscope; d) OM image of ascospores observed within the paper fibres on sample D1-H.

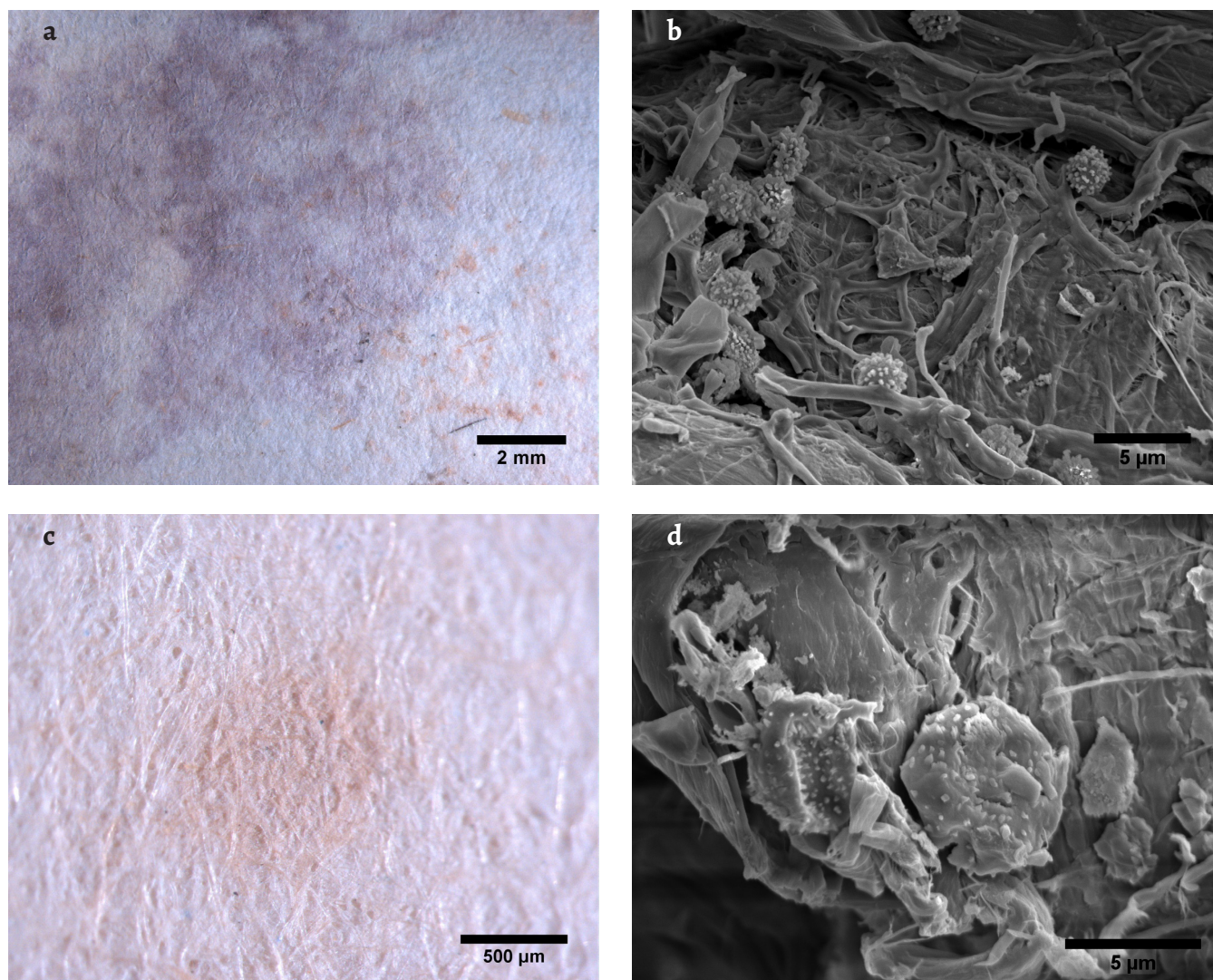


Figure 4. Stereo microscopy images of stains and SEM images of the respective fungal structures observed on document D2: a) stain D2-A under the stereo microscope; b) SEM image of conidia observed on the purple area of sample D2-A; c) stain D2-D under the stereo microscope; d) SEM image of spores observed on sample D2-D.

has also shown to possess paper colonizing ability due to its medium cellulolytic activity [45].

On both D3-G and D3-H samples, analogous agglomerates of spherical to ellipsoidal smooth walled conidia (2.5-3.7 µm) were observed, with some conidial chains. These cells are consistent with the identified *Penicillium* species (*P. chrysogenum* and *P. commune*). Although no conidiophores were observed on the samples, which would help sustain the visual correlation with the obtained identification, getting multiple isolates of the same species in each sample supports a possible correlation. Fresh colonies of these *Penicillium* species have green hues but get darker with age [27], which could justify the dark brown colour observed on the stains.

On document D3, multiple isolates were retrieved from most stains. This can be the result of cross-contamination within the document: several fungal species were isolated from stains other than the ones where they were microscopically observed (Table 1). Besides, a stain caused by microorganisms can result from sequential or simultaneous colonization by different species.

According to Figure 2, the percentage of samples with a possible match between observed fungal structures and identified fungi varied from 13 to 64%, within the three studied documents. The lack of sampling material on previously cleaned stains (D1) was a limiting factor. In addition to fungi, bacteria, which were not targeted on the present work, can also be responsible for stains on paper and can coexist with fungal species [16]. Since the identification of fungi was preceded by culture, only the species still viable and able to develop on the tested growth media could be identified, but, as described in the introduction section, all identification methods have limitations, which have to be assumed. New alternative methods are required, which can more directly relate a certain type of biodeterioration with its culprit.

Metabolite profiling can be a powerful tool in the future, so that by analysing the chemical composition of a fungal stain we could point out to a possible perpetrator [12]. In the end, if the removal of a stain or neutralization of its noxious metabolites is the aim, knowing their chemical composition may be sufficient, although non-invasive methods with high

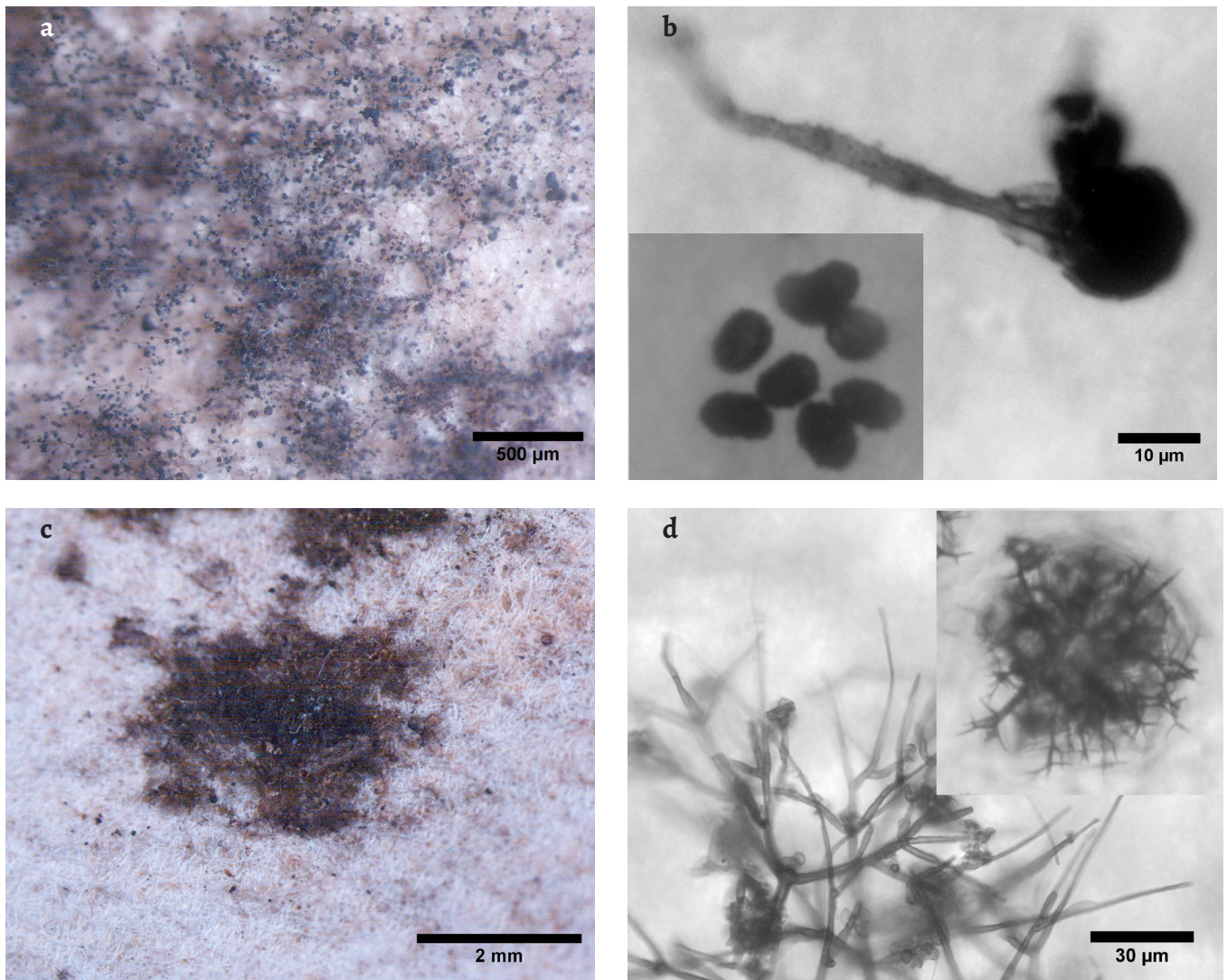


Figure 5. Stereo microscopy images of stains and OM images of the respective fungal structures observed on document D3: a) stain D3-A under the stereomicroscope; b) OM image of conidiophore and conidia (lower left corner detail) of *Stachybotrys chartarum* observed on sample D3-A; c) stain D3-D under the stereomicroscope; d) OM image of peridial hyphae and cleistothecium (upper right corner detail) of *Myxotricum deflexum*, observed on sample D3-D.

enough sensitivity to identify metabolites from cultural heritage objects are still needed.

The analysis presented here aimed to assign particular fungal species to specific types of biodeterioration, hence contributing to the development of proper and more focused conservation strategies to mitigate fungal biodeterioration of paper.

Acknowledgements

This work was funded with national funds by FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, I. P., within the scope of CleanART research project (PTDC/EPH-PAT/0224/2014), and VICARTE Research Unit (UID/EAT/00729/2013). Nuno Mesquita was supported by POCH – Programa Operacional Capital Humano (co-funding by the European Social Fund and national funding by MCTES), with a post-doc research grant (SFRH/BPD/112830/2015). The authors thank Sara Fragoso for offering the fungal stained print to this study.

REFERENCES

1. Sequeira, S. O.; Cabrita, E. J.; Macedo, M. F., 'Fungal biodeterioration of paper: how are paper and book conservators dealing with it? An International Survey', *Restaurator* **35**(2) (2014) 181-199, <https://doi.org/10.1515/rest-2014-0005>.
2. Florian, M., *Fungal Facts – Solving Fungal Problems in Heritage Collections*, Archetype Publications, London (2002).
3. Rakotonirainy, M. S.; Heude, E.; Lavédrine, B., 'Isolation and attempts of biomolecular characterization of fungal strains associated to foxing on a 19th century book', *Journal of Cultural Heritage* **8**(2) (2007) 126-133, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2007.01.003>.
4. Allsopp, D.; Seal, K.; Gaylarde, C., *Introduction to Biodeterioration*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge (2004), <https://doi.org/10.1017/CBO9780511617065>.
5. Szczepanowska, H.; Lovett, C. M., 'A study of the removal and prevention of fungal stains on paper', *Journal of the American Institute for Conservation* **31**(2) (1992), 147-160, <https://doi.org/10.2307/3179489>.

6. Karakasidou, K.; Nikolouli, K.; Amoutzias, G. D.; Pournou, A.; Manassis, C.; Tsiamis, G.; Mossialos, D., 'Microbial diversity in biodeteriorated Greek historical documents dating back to the 19th and 20th century: a case study', *MicrobiologyOpen* (2018), <https://doi.org/10.1002/mb03.596>.
7. El Bergadi, F.; Laachari, F.; Elabed, S.; Mohammed, I. H.; Ibsouda, S. K., 'Cellulolytic potential and filter paper activity of fungi isolated from ancient manuscripts from the Medina of Fez', *Annals of Microbiology* **64**(2) (2014) 815-822, <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0718-6>.
8. Borrego, S.; Lavin, P.; Perdomo, I.; Gómez de Saravia, S.; Guiamet, P., 'Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary Heritage', *ISRN Microbiology* **2012** (2012), 680598, <https://doi.org/10.5402/2012/680598>.
9. Coronado-Ruiz, C.; Avendaño, R.; Escudero-Leyva, E.; Conejo-Barboza, G.; Chaverri, P.; Chavarría, M., 'Two new cellulolytic fungal species isolated from a 19th-century art collection', *Scientific Reports* **8**(1) (2018) 1-9, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24934-7>.
10. Polo, A.; Cappitelli, F.; Villa, F.; Pinzari, F., 'Biological invasion in the indoor environment: the spread of Eurotium halophilicum on library materials', *International Biodeterioration & Biodegradation* **118** (2017) 34-44, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.12.010>.
11. Kraková, L.; Šoltys, K.; Otlewska, A.; Pietrzak, K.; Purkrťová, S.; Savická, D.; Puškárová, A.; Bučková, M.; Szemes, T.; Budiš, J.; Demnerová, K.; Gutarowska, B.; Pangallo, D., 'Comparison of methods for identification of microbial communities in book collections: culture-dependent (sequencing and MALDI-TOF MS) and culture-independent (Illumina MiSeq)', *International Biodeterioration & Biodegradation* **131** (2018) 51-59, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.015>.
12. Sanmartín, P.; DeAraujo, A.; Vasanthakumar, A., 'Melding the old with the new: trends in methods used to identify, monitor, and control microorganisms on Cultural Heritage materials', *Microbial Ecology* **76**(1) (2018) 64-80, <https://doi.org/10.1007/s00248-016-0770-4>.
13. Michaelsen, A.; Piñar, G.; Montanari, M.; Pinzari, F., 'Biodeterioration and restoration of a 16th-century book using a combination of conventional and molecular techniques: a case study', *International Biodeterioration & Biodegradation* **63**(2) (2009) 161-168, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.08.007>.
14. Michaelsen, A.; Piñar, G.; Pinzari, F., 'Molecular and microscopic investigation of the microflora inhabiting a deteriorated Italian manuscript dated from the thirteenth century', *Microbial Ecology* **60**(1) (2010) 69-80, <https://doi.org/10.1007/s00248-010-9667-9>.
15. Piñar, G.; Sterflinger, K.; Pinzari, F., 'Unmasking the measles-like parchment discoloration: molecular and microanalytical approach', *Environmental Microbiology* **17**(2) (2015) 427-443, <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12471>.
16. Piñar, G.; Tafer, H.; Sterflinger, K.; Pinzari, F., 'Amid the possible causes of a very famous foxing: Molecular and microscopic insight into Leonardo da Vinci's self-portrait', *Environmental Microbiology Reports* **7**(6) (2015) 849-859, <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12313>.
17. Schabereiter-Gurtner, C.; Piñar, G.; Lubitz, W.; Rölleke, S., 'Analysis of fungal communities on historical church window glass by denaturing gradient gel electrophoresis and phylogenetic 18S rDNA sequence analysis', *Journal of Microbiological Methods* **47**(3) (2001) 345-354, [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(01\)00344-X](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(01)00344-X).
18. Lupan, I.; Popescu, O., 'Metagenomics and future perspectives for biodeterioration and biodegradation studies', *Annals of the Romanian Society for Cell Biology* **17**(2) (2012) 37-42.
19. Rosado, T.; Mirão, J.; Candeias, A.; Caldeira, A. T., 'Microbial communities analysis assessed by pyrosequencing – A new approach applied to conservation state studies of mural paintings', *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **406**(3) (2014) 887-895, <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7516-7>.
20. Li, Q.; Zhang, B.; He, Z.; Yang, X., 'Distribution and diversity of bacteria and fungi colonization in stone monuments analyzed by high-throughput sequencing', *PLoS One* **11**(9) (2016) 1-17, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163287>.
21. Chimienti, G.; Piredda, R.; Pepe, G.; van der Werf, I. D.; Sabbatini, L.; Crecchio, C.; Ricciuti, P.; D'Erchia, A.; Manzari, M. C.; Pesole G., 'Profile of microbial communities on carbonate stones of the medieval church of San Leonardo di Siponto (Italy) by Illumina-based deep sequencing', *Applied Microbiology and Biotechnology* **100**(19) (2016) 8537-8548, <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7656-8>.
22. Szulc, J.; Otlewska, A.; Ruman, T.; Kubiak, K.; Karbowska-Berent, J.; Koziellec, T.; Gutarowska, B., 'Analysis of paper foxing by newly available omics techniques', *International Biodeterioration & Biodegradation* **132** (2018) 157-165, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.03.005>.
23. Micheluz, A.; Manente, S.; Tigini, V.; Prigione, V.; Pinzari, F.; Ravagnan, G.; Varese, G.C., 'The extreme environment of a library: xerophilic fungi inhabiting indoor niches', *International Biodeterioration & Biodegradation* **99** (2015) 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.12.012>.
24. Pinzari, F.; Montanari, M.; Michaelsen, A.; Piñar, G., 'Analytical protocols for the assessment of biological damage in historical documents', *Coalition* **19** (2010) 6-13.
25. Watanabe, T., *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton (2002), <https://doi.org/10.1201/9781420040821>.
26. Seifert, K.; Morgan-Jones, G.; Gams, W.; Kendrick, B., *The Genera of Hyphomycetes*, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht (2011).
27. Samson, R. A.; Hoekstra, E. S.; Frisvad, J. C.; O. Filtenborg (eds.), *Introduction to Food and Airborne Fungi*, 6th ed., Centraalbureau Voor Schimmelcultuur, Utrecht (2000).
28. Pitt, J. I.; Hocking, A. D., *Fungi and Food Spoilage*, 3rd ed., Springer, New York (2009), <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>.
29. Mesquita, N.; Portugal, A.; Videira S.; Rodriguez-Echeverria, S.; Bandeira, A. M. L.; Santos, M. J. A.; Freitas, H., 'Fungal diversity in ancient documents. A case study on the Archive of the University of Coimbra', *International Biodeterioration & Biodegradation* **63** (2009) 626-629, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.03.010>.

30. Sharma, D.; Shukla, A. K.; 'Starch hydrolysis and alpha-amylase activity of *Aspergillus* and *Chaetomium*', *Asian Journal of Biochemistry* **3**(5) (2008) 284-289, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.03.010>.
31. Abdel-Azeem, A. M.; Gherbawy, Y. A.; Sabry, A. M., 'Enzyme profiles and genotyping of *Chaetomium globosum* isolates from various substrates', *Plant Biosystems* **150**(3) (2016) 420-428, <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.984791>.
32. Houbraken, J.; Frisvad, J. C.; Samson, R. A., 'Taxonomy of *Penicillium* section *Citrina*', *Studies in Mycology* **70** (2011) 53-138, <https://doi.org/10.3114/sim.2011.70.02>.
33. da Silva, M.; Moraes, A. M. L.; Nishikawa, M. M.; Gatti, M. J. A.; de Alencar, M. A. V.; Brandao, L. E.; Nobrega, A., 'Inactivation of fungi from deteriorated paper materials by radiation', *International Biodeterioration & Biodegradation* **57**(3) (2006) 163-167, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2006.02.003>.
34. Corte, A. M.; Ferroni, A.; Salvo, V. S., 'Isolation of fungal species from test samples and maps damaged by foxing, and correlation between these species and the environment', *International Biodeterioration & Biodegradation* **51** (2003) 167-173, [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00137-3](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00137-3).
35. Oetari, A.; Susetyo-Salim, T.; Sjamsuridzal, W.; Suherman, E. A.; Monica, M.; Wongso, R.; Fitri, R.; Nurlaili, D. G.; Ayu, D. C.; Teja, T. P., 'Occurrence of fungi on deteriorated old dluwang manuscripts from Indonesia', *International Biodeterioration & Biodegradation* **114** (2016) 94-103, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.05.025>.
36. Gopinath, S. C. B.; Anbu, P.; Hilda, A. 'Extracellular enzymatic activity profiles in fungi isolated from oil-rich environments', *Mycoscience* **46**(2) 119-126, <https://doi.org/10.1007/S10267-004-0221-9>.
37. Florian, M. L. E.; Manning, L., 'SEM analysis of irregular fungal fox spots in an 1854 book: population dynamics and species identification', *International Biodeterioration & Biodegradation* **46** (2000) 205-220, [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(00\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(00)00062-7).
38. Karbowska-Berent, J.; Jarmilko, J.; Czuczko, J., 'Fungi in fox spots of a drawing by Leon Wyczółkowski', *Restaurator* **35**(2) (2014) 159-179, <https://doi.org/10.1515/rest-2014-1000>.
39. Das, M. K. L.; Prasad, J. S.; Ahmad, S. K., 'Endoglucanase production by paper-degrading mycoflora', *Letters in Applied Microbiology* **25**(5) (1997) 313-315, <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1997.00217.x>.
40. Ricelli, A.; Fabbri, A.A.; Fanelli, C.; Menicagli, R.; Samaritani, S.; Pini, D.; Rapaccini, S.M.; Salvadori, P., 'Fungal growth on samples of paper: Inhibition by new antifungals', *Restaurator* **20**(2) (1999) 97-107, <https://doi.org/10.1515/rest.1999.20.2.97>.
41. De La Rosa, J.M.; Martin-Sanchez, P.M.; Sanchez-Cortes, S.; Hermosin, B.; Knicker, H.; Saiz-Jimenez, C., 'Structure of melanins from the fungi *Ochroconis lascauxensis* and *Ochroconis anomala* contaminating rock art in the Lascaux Cave', *Scientific Reports* **7** (2017) 13441, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13862-7>.
42. Foladi, S.; Hedayati, M.T.; Shokohi, T.; Mayahi, S., 'Study on fungi in archives of offices, with a particular focus on *Stachybotrys chartarum*', *Journal de Mycologie Medicale* **23**(4) (2013) 242-246, <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2013.09.003>.
43. Wang, X. W.; Houbraken, J.; Groenewald, J. Z.; Meijer, M.; Andersen, B.; Nielsen, K. F.; Crous, P. W.; Samson, R. A., 'Diversity and taxonomy of *Chaetomium* and chaetomium-like fungi from indoor environments', *Studies in Mycology* **84** (2016) 145-224, <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2016.11.005>.
44. Zyska, B., 'Fungi isolated from library materials: A review of the literature', *International Biodeterioration & Biodegradation* **40**(1) (1997) 43-51, [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(97\)00061-9](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(97)00061-9).
45. Pietrzak, K.; Otlewska, A.; Dybka, K.; Danielewicz, D.; Pangallo, D.; Demnerová, K.; Durovic, M.; Kraková; Scholtz, L. V.; Bucková, M.; Puskarová, A.; Kucerová, I.; Skrdlantová, M.; Drabková, K.; Surma-Slusarska, B.; Gutarowska, B., 'A modern approach to biodeterioration assessment and disinfection of historical book', in *A Modern Approach to Biodeterioration Assessment and the Disinfection of Historical Book Collections*, ed. G. Beata, Institute of Fermentation Technology and Microbiology – Lodz University of Technology, Łódź (2016) 81-123.
46. Campbell, C. K.; Johnson, E. M.; Warnock, D. W., *Identification of Pathogenic Fungi*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Chichester (2013), <https://doi.org/10.1002/9781118520055>.
47. Y Sato, Y.; Aoki, M.; Kigawa, R., 'Microbial deterioration of tsunami-affected paper-based objects: A case study', *International Biodeterioration & Biodegradation* **88** (2014) 142-149, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.12.007>.

RECEIVED: 2018.3.7

REVISED: 2018.9.21

ACCEPTED: 2018.10.12

ONLINE: 2018.11.16



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>.

Preparing the foundation for stable gilding: the origins of materials and practices – a review

ISABEL POMBO
CARDOSO 

LAQV-REQUIMTE,
Departamento de Conservação
e Restauro, Faculdade
de Ciências e Tecnologia,
Universidade NOVA de Lisboa,
Campus da Caparica, 2829-516
Caparica, Portugal
isabel.pombocardoso@gmail.com

Das fundações para um douramento estável: as origens dos materiais e práticas – uma revisão

Abstract

This paper is the fifth of a series and focuses on tracing the history of the use of gypsum based products as well as of the use of ground layers, centred on a review of published analytical evidence. The purpose is to contribute for the understanding of these long traditions which led to the choice of specific materials and practices used for producing gilding grounds in southern Europe. In fact, several practices and the raw material gypsum used in gilded surfaces do have an extremely long tradition, which can be traced back to the Pre-Pottery Neolithic B. The systematic use of these materials, especially the use of ground layers for decoration and other purposes, suggests not only an intention but also, somehow, the notion of a complex concept, the concept of a composite material, even at these very early periods, from which gilding origins. In addition, the particular case of Portugal shows that aspects such as religious, political, and sociocultural influences played a central role in the choice of gypsum as the raw material, which was curiously used exclusively for gilding.

KEYWORDS

Gesso grounds
Gypsum plaster
Lime plaster
Gilding
Ground layers

Resumo

Este artigo, o quinto de uma série, explora a história da utilização do gesso e de camadas de preparação, baseado numa revisão de literatura com evidência analítica. O objectivo é contribuir para a compreensão destas longas tradições que estão na génese da escolha de materiais e de práticas específicas utilizadas para produzir camadas de preparação de douramento no sul da Europa. De facto, a utilização do gesso como matéria-prima bem como de certas práticas, associadas à produção de superfícies douradas, tem uma tradição extremamente longa identificando-se já no Neolítico Pré-cerâmico B. O uso sistemático desses materiais, especialmente na produção de camadas de preparação, para decoração ou outros propósitos, indiciam não só uma intenção mas também, de alguma forma, a noção de um conceito complexo, o conceito de material composto, mesmo nestes períodos tão remotos. Por outro lado, o caso particular de Portugal revela que razões religiosas, políticas, assim como influências socioculturais, desempenharam um papel central na escolha do gesso como matéria-prima, curiosamente utilizado em exclusivo no douramento.

PALAVRAS-CHAVE

Camadas de gesso
Argamassas de gesso
Argamassas de cal
Douramento
Camadas de preparação

Introduction

This paper is part of a set of papers arising from a research project focused on ground layers on Portuguese wooden gilded altarpieces and sculptures of the Pre-Baroque and Baroque periods. In alignment with other southern European countries, gilded and polychrome sculptures and altarpieces played a central role in the religious life of Portuguese society, since the foundation of the kingdom (12th century) up to mid-19th century, when religion shaped and infused all social, political, and cultural aspects. These southern European gilding grounds, *gesso* grounds, are commonly made of gypsum based materials (as aggregates) mixed with size glue (as binder) and typified by a double-layered structure. These materials and practices used to produce them were clearly aimed at obtaining long lasting and high quality gilded surfaces due to the importance of these religious objects [1-4].

Although gypsum has been used as a raw material for producing inert fillers for gilding grounds, it had and still has a different main use – a plaster material.

As part of the research it was considered essential to study the historical use of gypsum plasters, and the use of ground layers, in order to contribute to the understanding of the origins, evolution and technological choices adopted by this particular gilding technique.

Brief description of gilding gesso grounds

There is evidence that at least from the 13th to the 18th century, the *gesso* gilding grounds covering wooden carved objects in Portugal (as well as Spain and Italy) consisted of a double-layered structure, made of coarse *gesso grosso* covered with fine *gesso mate*, underneath a bole layer, each mixed with size glue [5]. The *gesso grosso* is mainly composed of synthetic anhydrite (CaSO_4), obtained by burning natural gypsum rock at high temperatures. The burning turns the rock into a soft and inert material which is then ground to a coarse powder containing a range of particle sizes (c. 5 to 250 μm). The *gesso mate* is mainly composed of synthetic gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), obtained by slaking the *gesso grosso* for several days in excess water, which produces an extremely soft material composed of very fine particles (c. 5 to 50 μm) with a lamellar/tabular-like shape.

This double-layered ground is then covered with a bole layer (a fine coloured clay). The whole forms a composite system with gradually finer and smoother particles, which provides an extremely smooth surface onto which the gold leaf is applied and burnished to produce a shiny gilded surface simulating solid gold [1-2].

Brief description of lime and gypsum pre-industrial plaster technologies

Although the focus here will be given to gypsum, both gypsum and lime plasters will be discussed because in terms of materials, production processes, and application practices they seem to have clear historical relationships. The use of

these plasters has been known since the Epi-Paleolithic (c. 12,000 BC) and is considered a very important step in human technological development as they are apparently the first two products manufactured by man by harnessing the effects of heat. These plaster powders, when mixed with water, set and harden into a chemical similar state to that of the initial rock – although with a considerably lower density and with differences in the microstructure. These properties have meant that they have been used extensively throughout the human history [6-7].

Both gypsum and limestone rocks are very commonly occurring minerals in the Earth's crust. Limestones embrace a great variety of rocks composed mostly of the mineral calcite (CaCO_3). Lime plaster technology involves the burning of limestones at high temperatures, around 900°C. This temperature initiates the decomposition of calcite to form calcium oxide (CaO), also known as quick-lime, and the release of carbon dioxide (CO_2). This quick-lime is then slaked in excess water over a long period (initially inducing a very strong exothermic reaction) eventually becoming calcium hydroxide (Ca(OH)_2), known as slaked lime or lime plaster paste. The slaked lime paste is drained of excess water and mixed with aggregates (usually sand) then applied to a substrate (such as a wall). It sets and hardens by slowly reacting with atmospheric carbon dioxide (CO_2), becoming calcite again (CaCO_3), a hard and lasting material known as lime plaster.

Gypsum rock is composed mostly of the mineral gypsum (calcium sulphate dihydrate, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Calcium sulphate based minerals can vary in its water content, forming the different phases of the calcium sulphate-water system (see below).

Gypsum plaster technology is dependent on two characteristics of calcium sulphate: dehydration and hydration [8]. It consists of burning the gypsum rock (though at considerably lower temperatures than those required to burn limestone) which results in a burnt rock composed of different hydrated phases of calcium sulphate. This burnt rock is then ground to a powder, commonly known as gypsum plaster powder (although containing minimal amounts of gypsum). This gypsum plaster powder is simply mixed with water forming a paste; finally, the hydration leads to the fairly rapid setting and hardening. The final hardened material is gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) or gypsum with anhydrite ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and CaSO_4), commonly known as gypsum plaster.

Dehydration and hydration processes of gypsum

The dehydration process is as follows: when exposed to continuous heating, gypsum rock ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) begins to dehydrate losing three-quarters of its water content at around 90°C (between c. 90 and 250°C), and gradually transforms into the hemihydrate phase ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$). The second phase of dehydration starts at around 200°C, when the hemihydrate gradually transforms into anhydrite III, also known as soluble anhydrite (CaSO_4), which process is complete at around 250°C. By the time this temperature is

reached, the transformation into anhydrite II, or insoluble anhydrite (CaSO_4), has already started (this happens between c.250 and 1180°C). Then, above 1180°C, the anhydrite II starts to change into anhydrite I (CaSO_4) and finally, at around 1385°C, this dissociates into calcium oxide (CaO) and sulfur trioxide (SO_3) [8-11].

The two main phases of the calcium sulphate-water system are gypsum and anhydrite II (the latter will be referred here as anhydrite), which are stable phases, either existing as natural minerals or synthesized from the natural minerals. Conversely, the hemihydrate (which also exists as a natural mineral, bassanite) and soluble anhydrite are considered metastable and can easily (particularly the soluble anhydrite which is extremely avid for water), change to the other more stable phases in the presence of humidity or heat [8, 10, 12].

The other fundamental characteristic of gypsum, that makes it such an important material, is the ability of the gypsum plaster powder to set and harden when mixed with water and hydrated. Exactly how the hydration and setting happens is still the subject of scientific debate. The most widely accepted theory is the *theory of crystallization* first proposed by Le Chatelier in 1887. It suggests that the gypsum plaster powders (hemihydrates, anhydrites or a mixture) when mixed with a certain amount of water, in which they dissolve, form a supersaturated solution. From that supersaturated solution nuclei begin to precipitate and this is followed by crystal growth. The setting and hardening happens in a particular way as the new gypsum crystals develop with a needle like shape, and these intergrow, interlock and interact to produce a solid material with considerable mechanical strength [6, 8, 10, 13-16].

Problems in studying the historical use of gypsum

Lack of previous research

The study of the historical use of gypsum is not a simple task due to the scarcity and imprecision of archaeological and conservation studies.

As mentioned above, both gypsum and lime plasters are probably the two first man-made products. However, as Kingery and his colleagues state, “lime technology is a good deal more complicated [than gypsum technology] “in terms of burning temperature as well as in the number and difficulty of steps necessary to obtain the plaster paste [6, p. 221]. Because it presents a greater challenge in terms of technical achievement, lime plaster has been given much more attention than gypsum plaster.

In addition, gypsum plaster has a higher degree of deterioration than lime plaster – due to its greater solubility – so evidence of its use is scarce.

Terminological imprecision

In archaeological and conservation literature there is frequent imprecision in the use of the terminology related to

gypsum technology such as the loose use of the terms *plaster* and *gypsum*.

The term *plaster* is used very frequently in a broad sense, to refer to both gypsum plaster and lime plaster without differentiation [e.g. 17-19]. This is despite the fact that they are distinct materials including raw materials, production processes, application practices, and behaviour. But because they also present significant similarities such as the visual appearance, the need for calcination, mixing with water, and their eventual use, this has probably contributed towards this confusion. Furthermore, both materials are commonly used together in order to enhance their individual characteristics. Thus, some lime plasters contain a variable amount of gypsum plaster powder which may have been added in order to accelerate the set, to increase the compressive strength and to reduce shrinkage of lime plaster. The opposite is also found, as frequently a variable amount of lime was added to gypsum plaster pastes to increase the workability of the pastes (the small, even sized and plate-like slaked lime particles enhance this effect), to increase the strength of the gypsum plaster and to increase its resistance to water [12, 20-23].

The term *gypsum* is often used to refer to several different products, including the natural gypsum rock (a mixture of several minerals but rich in calcium sulphate dihydrate mineral), the gypsum plaster powder (which can be hemihydrate, soluble anhydrite, anhydrite or a mixture of these phases), the gypsum plaster paste (gypsum plaster powder mixed with water) and the hardened gypsum plaster (which can be synthetic gypsum or synthetic gypsum with the inclusion of synthetic anhydrous particles). This contributes to the difficulty in studying gypsum technology in all its varieties. Moreover, since the mid-19th century, the industrial transformation of gypsum has been dominated by the production of the hemihydrate phase (also known as *plaster of Paris*). This is probably why in several published studies it has been assumed that the traditional production of gypsum plaster powders resulted in and aimed at obtaining the hemihydrate phase, and thus several authors refer to historical gypsum plaster powder as *plaster of Paris* [e.g. 18, 22, 24-26]. But, in fact, the major part of the final product resulting from calcination of gypsum rock in traditional kilns (where is impossible to control all the factors that influence the burning process) is anhydrite with small amounts of the other phases. The dehydration mechanism does not require very high temperatures. However, it is extremely difficult to control the process in order to obtain pure phases. Only after the industrialisation of the process has this been possible, facilitating bulk production of hemihydrates. The results of traditional calcination can vary considerably because they are dependent on several different conditions including the variety of natural gypsum, the presence of impurities, the size of the burnt lumps or stones, the length of calcination, the distance from the source of heat, and the atmospheric pressure. The main reason for the burning process being so affected by these different conditions is because gypsum is a

poor conductor of heat. This characteristic is due to the presence of water in its composition which, during the burning process, evaporates and reduces the temperature [8, 10, 12].

The end product, despite being composed of different phases (and usually with minimum amounts of true gypsum), is commonly called gypsum plaster powder. This explains why much of the analysis undertaken on historical gypsum plasters reveals the presence not only of gypsum but also of anhydrite crystals – because part of the anhydrite did not hydrate to gypsum during the preparation of the plaster paste (i.e. when mixed with water) [e.g. 17].

Experimental work supports this analytical evidence as burning of gypsum rock in replicas of historical kilns (Figure 1) produced a final product composed of around 75% or more of anhydrite (some lumps were composed of 100%), 20% hemihydrate and 5% of gypsum [10, 12, 27-28]. The existence of gypsum is due to its failure to dehydrate during the calcining process. This is what usually happens to the central parts of larger lumps of gypsum rock which do not reach a high enough temperature.

It is important to emphasise that the use of multiphase gypsum plaster powders (or overburnt gypsum plasters) has three very important advantages over the use of gypsum plaster powder composed exclusively of hemihydrate. This is because the burning process influences the reactivity to water of the resulting gypsum plaster powder – burning at temperatures ranging from 90 to 250°C produces materials with increasing reactivity to water (hemihydrates and soluble anhydrite which set in about 15 minutes); above that 250°C up to 900°C the resultant products have a decreasing reactivity to water (which, depending on the temperature of calcination, can take up to seven days to set) [8, 10]. Therefore, after mixing with water, the overburnt gypsum paste has a slow enough setting time to allow for the longer working time necessary, for example, for the plastering of a considerable extent of walls and ceilings, but, at the same time, it sets rapidly enough to produce a good final result. The second advantage is that it is very suitable for architectural work because it sets gradually, producing a plaster with better organized crystals thus with a low risk of cracking [8, 29]. Third, overburnt gypsum plasters are denser and consequently stronger as they are prepared with smaller amounts of water and are therefore less porous [8, 15].

Attaining gypsum plasters which are composed of a considerable amount of anhydrite (see below) indicates that the gypsum was, in fact, burnt at higher temperatures than the normally cited 180-200°C. Possible explanations are the lack of temperature control in the kilns, allied to the poor heat conductivity of gypsum, or alternatively, based on their experience, the producers were intending to obtain gypsum plaster powder that would produce a better plaster for their purposes. A further hypothesis is that through long experience they knew how to separate the burnt material into different products which would be used for different purposes, as indicated in some historical documents [e.g. 30-32].

Historical use of gypsum plasters and related practices – review of analytical and documentary evidence

Analytical evidence

Archaeological studies in the Near East have identified the earliest evidence of the use of plaster (lime) during the Epi-Paleolithic (c. 12,000 BC), in the Sinai Peninsula, at the site of Lagama North VIII. Though the first evidence we have of the use of plaster is of lime plaster this does not mean that gypsum plaster was not used before, or alongside it. It is possible that evidence of an early or contemporary use of gypsum plaster has not survived, due to its greater solubility, or simply has not yet been discovered. Earlier use of gypsum plaster is frequently suggested because of the ready availability of raw gypsum rock, allied to the less demanding production processes when compared to lime plaster. However, it seems that the use of lime and gypsum plasters was not widespread until the Pre-Pottery Neolithic B (c. 7,000 BC), during which plaster production and use have been identified consistently in several areas of the Near East. During the Neolithic period, plaster pastes were used for architectural purposes and for utilitarian as well as ritual and decorative items [6, 17, 33-36].

In addition to the widespread use of plaster technology during the Pre-Pottery Neolithic B, it is interesting to note a clearly separate spatial distribution, with gypsum plaster being identified in the drainage area of the Tigris and Euphrates, and further East, while lime plaster is found in the Levant and Anatolia. It is suggested that the reasons for this differentiation are related to the availability of the raw materials – fuel, calcite, and gypsum –, but also to social and economic aspects [6-7, 17-18, 33-36].

The following is a summary of the analytical evidence for the use of gypsum plaster as a ground layer as reported by different authors.

In the Pre-Pottery Neolithic B, at various sites in the Near East, gypsum plaster is reported to have been used as a ground layer for floors, walls, on pottery vessels, tablets as support for writing, and on a figurine [6, 17, 33, 37]. It was used extensively in Egypt [17, 38-41].



Figure 1. Replica of a gypsum kiln according to Turriano's information [28].

During the Roman Period, gypsum plaster was definitely known and used [e.g. 42-43]. Though the Romans had a stronger tradition of using lime plaster, it is believed that the Roman Empire contributed to the spread of gypsum plaster technology throughout Europe.

In the actual territory of Spain, there is evidence of the use of gypsum plaster as a ground layer prior to the Roman Period, at least since Early Iron Age [44-46]. Its traditional use seems to have been consolidated from the Roman influence but also, and chiefly, from the Islamic influence which spread through North Africa [44, 47-50]. Islamic cultures had a long tradition of using gypsum plaster [eg. 51] and they occupied the southern area of the Iberian Peninsula from the beginning of the 8th century until the end of the 15th century.

Regular examples are found on samples dating from the Medieval period up to the 19th century in Europe [12, 22-23, 44-45, 48, 50, 52-65].

The choice of overburnt gypsum

Several samples of these gypsum plasters, when analysed in detail, were revealed to have been overcalcined [12, 17, 22-23, 28, 38-39, 41, 47, 52, 55-56, 58-63, 65-67].

Among these frequent examples of historical gypsum plasters, there are some surprising ones found in Germany and Italy (overburnt gypsum with small amounts of lime) which were applied onto exterior walls but are still in very good condition [23, 56, 57, 61-62]. This is surprising because, due to its solubility (around 2 g per litre), gypsum is commonly considered unsuitable for use on external surfaces except in very dry countries [e.g. 6, 18, 21].

These particular exterior gypsum plasters are of great interest as they seem to contradict this established theory. Analysis of these gypsum plasters showed the presence of gypsum with larger crystals than usual (instead of needle like crystals the crystals are tabular in shape), as well as anhydrite crystals and calcium carbonate crystals. The growth of gypsum crystals with time, the lower solubility of anhydrite and calcite crystals and greater density of these plasters contributed to their resistance to exposure to weathering conditions [6, 23, 56-57].

There are other and even more interesting examples of overburnt gypsum plasters because they make no use of lime and are also used on external walls in Spain. These examples – reported by Sanz & Villanueva [66], Sanz [12, 28, 47], Villanueva and colleagues [68] and Villanueva [58] – also have a good degree of durability, as several have survived in good condition. The common feature of durable and water-resistant gypsum plasters seems to be the presence of stable anhydrite crystals, i.e. plasters made of gypsum rock burnt at high temperatures that are less prone to cracking, less porous, less soluble, and stronger.

Documentary evidence

Documentary evidence also attests to the continuous use of gypsum plaster.

In historical documentation, gypsum rock or its use is described in several documents. The first example shows in Ancient Mesopotamian literature, where references to the use of gypsum not just as a casting and moulding material but also as a ground layer for statues and other objects [69]. After this, the earliest description of gypsum is given by Theophrastus, around 314 BC, which describes the gypsum used for plaster, with an interesting reference to the possibility of its reuse [70]. Vitruvius, in 27-16 BC, describes it as special important for vaulting [71] and Pliny, in 79 AD, also refers to it [72]. Julian of Ascalon, in his treatise, mentions the existence of gypsum kilns [73]. After these, Alberti (1452) [74], Biringuccio (1540) [75], Agricola (1546) [76], Turriano (1511-1583) [77], Diderot [28], Bélidor 1729 [30], Montamy (1765) [78], Rondelet (1802) [31] and Castro (1812-1820) [32] are other very important examples where several aspects of the gypsum and of its preparation are described.

The use of gypsum for gilding grounds is also regular in painting/gilding treatises [1].

Evidence of transference of practices

Just as important as the historical use of gypsum as a raw material, is the historical use of practices similar to those identified on gilded surfaces, which show the transference not only of materials but also of practices among different technologies.

These methods include, as in all the cases mentioned before, the frequent use of gypsum and lime plasters as ground layers. The critical functions of ground layers are to prepare the surface to receive the decoration, to produce a high quality decoration as well as to promote its durability [3-4].

The slaking of the powders in order to modify the characteristics of the products is another process transferred among technologies. The long slaking period of calcium hydroxide pastes has the purpose of improving the quality of the lime plaster considerably by reducing the size of the particles and increasing the formation of plate like particles, thus creating a larger reactive surface area. This particle shape and size also increases the plasticity of the paste, improving its workability; it speeds the carbonation rate, as well as increasing the final strength of the mortar [6, 79-80]. The slaking process is also used for producing *gesso mate* powders in order to achieve extremely small and lamellar gypsum particles which have a vital impact on quality and durability of gilded and polychrome surfaces, although through different mechanisms [2-4].

The use of plaster pastes mixed with aggregates (usually sand), frequently applied in consecutive layers that are gradually finer and smoother, again aim at quality and durability of the decorations. In the same way, the southern European gesso grounds make use of different particle size powders as aggregates (*gesso grosso*, *gesso mate*, and bole) mixed with size glue, creating a composite structure in order to achieve to achieve similar effects.

And finally, there is also evidence of burnishing used on these surfaces [1, 6-7, 80]. All these practices can be identified in the gilded grounds. These suggest that the concept of a *composite coating product* and other practices which make use of highly skilled craft practices were somehow perceived/understood even at these very early periods, and that it is from these practices that the gilded grounds probably trace their origins.

The curious case of the use of gypsum plaster in Portugal

Some Portuguese studies refer to the early widespread use of gypsum plaster in the actual Portuguese territory (from Classical Antiquity) as an established fact [e.g. 81-83]. However, with three exceptions [84-86] where gypsum plaster was identified, so far there is no analytical evidence to support the widespread use of gypsum in Portugal. The documentary and analytical evidence for the common use of gypsum for plastering in Portugal date from the end of the 18th century and later. The earlier examples of the use of gypsum plaster mentioned above date from the 12th century, during the Islamic domination of the south of Portugal, and belong to the remains of a mosque in Mértola and of a Castle in Silves. The other one dates from the beginning of the 16th century and is from a very significant monument in Tomar. These particular examples do indicate the early use of gypsum plaster; however, isolated cases alone cannot be taken as indicative of its widespread use. These are isolated examples as they are from particular monuments and with established links to Islamic artisans. Moreover, a study of various Portuguese documents [1], as for example dictionaries and construction and architecture treatises, showed that mention of the use of gypsum plaster is extremely scarce compared with the many references to the use of lime plaster. Before the end of the 18th century, apart from minor passing references in Bluteau's dictionary (1713) [87] and in a construction book by Valério Martins de Oliveira (1748) [88], there were not found references to gypsum plaster in any of the construction treatises or contracts consulted. Moreover, there are two references to gypsum which reinforce its non-widespread use. Indeed, the references by Sales (1759) [89] and by Machado (1823) [90] in their dictionaries refer that gypsum was not in use in Portugal for construction and to the lack of good supply of gypsum. On the other hand, plenty of references were found to the production and use of lime, as well as contracts requiring its use. Additionally, in the documents that regulated the different mechanical professions [91-93], there are no references to professions related to the production, sale, transport or use of gypsum plaster, in contrast to professions connected with the production and work with lime plaster.

Other studies indicate that gypsum plaster was introduced only in the 18th century, which seems more likely

[94-95]. What is established is that the use of gypsum plaster for wall plastering was widespread by the end of the 18th century. This was, in the view of some authors, due to Italian influence, through the arrival in Portugal of the renowned Italian artist Giovanni Grossi and other Italian artists who were responsible for several important decorative schemes in Portugal. The creation of a gypsum plaster school in Lisbon during 1764 also indicates that this decorative art was flourishing and certainly contributed to its thriving [95-96]. It is important to point out that the devastating earthquake of 1755 in the south and centre of Portugal, including Lisbon, was the cause for the enormous expansion of building verified during this period. The reconstruction of Lisbon included the introduction of several unconventional aspects. It would be interesting to further research probable influences of the earthquake and consequent extensive and revolutionary rebuilding on the spread of the use of gypsum plaster, as gypsum plaster presents several advantages, particularly important due to this unusual event, being one is its known good performance on fire resistance [22] and another the demand of less energy for its production when compared with lime.

The lack of sufficient analytical evidence prior to the end of the 18th century agrees with the lack of natural gypsum rock in Portugal and, in the view of some authors, this is a direct relationship. However, this cannot be considered as the only reason since there is some gypsum in Portugal (though grey), and access to natural gypsum was possible – as nearby countries, with known commercial contacts, have good gypsum rock supplies (Spain, France and Morocco). Furthermore, there is documentary and analytical evidence of the extensive use of gypsum as the raw material for the *gesso* grounds since the 13th century [1-2].

This indicates that the widespread use of gypsum as a raw material was limited to the *gesso* grounds when gilded surfaces were fulfilling an important religious social and political role and that there was a lack of an established tradition of the use of gypsum for plastering, which normally involved the use of lime. By the end of the 18th century and throughout the 19th century, when gilding loses importance, *gesso* grounds are substituted for chalk grounds; at the same time the use of gypsum for interior wall plastering gain relevance.

Conclusions

The use of gypsum, the use of ground layers, the slaking, the ground layers made with gradually finer fillers, followed by decoration and burnishing, are practices identified in the Portuguese gilding technique. This material and these practices are part of a very long tradition that can be traced back to the plasters technologies used in the Pre-Pottery Neolithic B in the Near East, when there is evidence of the widespread use of gypsum as a raw material and as a ground layer. The concept of a *composite coating* and other practices that reveal

highly skilled craft activity can be identified even at these very early periods, from which the southern European *gesso* grounds may trace their origins.

Ground layers were burnished and decorated and seem to have had a continuous use in European countries since at least the Roman Period.

Gypsum rock was apparently burnt at high temperatures despite the frequent references that it was burnt only at low temperatures. This is supported by the archaeological evidence, which shows the presence of anhydrite crystals in historical gypsum plaster samples, and also by experimental studies using replicas of ancient kilns. Calcination at high temperatures could result either from lack of control of the temperatures in the kilns, allied to the poor heat conductivity of gypsum, or from a deliberate operation, since gypsum plaster pastes made with overburnt gypsum plaster powders are easier to apply due to their longer setting time and they result in a more stable, stronger and durable plaster.

Finally, there is little evidence for the widespread use of gypsum rock in Portugal for the production of gypsum plaster before the later part of the 18th century, despite its use for the *gesso* layers in the gilded Portuguese altarpieces probably from the 13th century. This was probably influenced by the strong cultural tradition of using lime plaster, which progressively changed, possibly as a consequence of the 1755 earthquake.

Acknowledgments

I would particularly like to thank Prof. Elizabeth Pye and Prof. Clifford Price. This work was funded by the Portuguese State through Fundação para a Ciência e a Tecnologia [SFRH/BD/23349/2005] and [SFRH/BDP/73281/2010] in support of PhD research at the Institute of Archaeology, University College London, and post-doc LAQV-REQUIMTE. This work was also supported by the Associate Laboratory for Green Chemistry-LAQV which is financed by national funds from FCT/MCTES (UID/QUI/50006/2013) and co-financed by the ERDF under the PT2020 Partnership Agreement (POCI-01-0145-FEDER-007265).

REFERENCES

- Pombo Cardoso, I.; Pye, E., 'Gessos in Portuguese Baroque gilding grounds. Part 1: a study of historical documentary sources', *Studies in Conservation* **62**(4) (2017) 185-209, <http://dx.doi.org/10.1080/00393630.2015.1130774>.
- Pombo Cardoso, I.; Pye, E., 'Gessos in Portuguese Baroque gilding grounds. Part 2: analytical study of historical samples and archaeological reconstructions', *Studies in Conservation* **63**(2) (2018) 72-96, <http://dx.doi.org/10.1080/00393630.2016.1266430>.
- Pombo Cardoso, I.; Pye, E., 'Preparing the foundation for stable gilding: scientific evaluation of the durability of Baroque gesso gilding grounds', *Journal of Archaeological Science* **79** (2017) 86-95, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2017.01.014>.
- Pombo Cardoso, I.; Pye, E., 'Preparing the foundation for stable gilding: Baroque craftsmen's empirical understanding of gesso gilding grounds', *Journal of Archaeological Science* **79** (2017) 96-106, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2017.01.015>.
- Pombo Cardoso, I.; Sá, S., 'The use of ground layers on gilded and polychrome surfaces. A Review' (forthcoming).
- Kingery, W.; Vandiver, P.; Prickett, M., 'The beginnings of pyrotechnology, Part II: production and use of lime and gypsum plaster in the pre pottery Neolithic Near East', *Journal of Field Archaeology* **15**(2) (1988) 219-244 <https://doi.org/10.1179/009346988791974501>.
- Rollefson, G. O., 'The uses of plaster at neolithic 'ain ghazal, Jordan', *Archaeomaterials* **4** (1990) 33-54.
- Wirsching, F., 'Calcium sulphate', in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH (2000), https://doi.org/10.1002/14356007.a04_555.
- West, R. R.; Sutton, W. J., 'Thermography of gypsum', *Journal of American Ceramic Society* **37**(5) (1954) 221-224, <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1954.tb14027.x>.
- Syndicat National des Industries du Plâtre, *Le Plâtre. Physico-Chimie. Fabrication et Emploi*, Eyrolles, Paris (1982).
- Chlouveraki, S., 'Gypsum in Minoan architecture. Exploitation, utilisation and weathering of a prestige stone', tese de doutoramento, University College London, London (2006).
- Sanz, D., 'Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas', tese de doutoramento, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2009), <http://oa.upm.es/1711/> (acesso em 2019-1-25).
- Amathieu, L.; Boistelle, R., 'Improvement of the mechanical properties of set plasters by means of four organic additives inducing {101} faces', *Journal of Crystal Growth*, **79**(1-3) (1986) 169-177, [https://doi.org/10.1016/0022-0248\(86\)90432-X](https://doi.org/10.1016/0022-0248(86)90432-X).
- Torraca, G., *Materiaux de Construction Poreux*, ICCROM, Rome (1986).
- Lewry, A.; Williamson, J., 'The setting of gypsum plaster. Part II. The development of microstructure and strength', *Journal of Materials Science* **29** (1994) 5524-5528, <https://doi.org/10.1007/bf00349943>.
- Finot, E.; Lesniewska, E.; Mutin, J.; Goudonnet, J., 'Investigations of surface forces between gypsum microcrystals in air using atomic force microscopy', *Langmuir* **16** (2000) 4237-4244, <https://doi.org/10.1021/la9902439>.
- Gourdin, W. H.; Kingery, W. D., 'The beginnings of pyrotechnology: Neolithic and Egyptian lime plaster', *Journal of Field Archaeology* **2**(1-2) (1975) 133-150, <https://doi.org/10.1179/009346975791491277>.
- Moorey, P. R. S., *Ancient Mesopotamian Materials and Industries. The Archaeological Evidence*, Clarendon Press, Oxford (1994).
- Ling, R., *Stucco Work and Painting in Roman Italy*, Ashgate, Aldershot (1999).
- Andrews, H., 'Gypsum and anhydrite plasters', *National Building Studies Bulletin* **6** (1948).
- Colonial Liaison Section of the Building Research Station, 'The uses of gypsum and anhydrite in building', *Colonial Building Notes* **33** (1955) 1-13.
- Karni, J.; Karni, E., 'Gypsum in construction: origin and properties', *Materials and Structures* **28** (1995) 92-100, <https://doi.org/10.1007/bf02473176>.
- Middendorf, B., 'Physico-mechanical and microstructural characteristics of historic and restoration mortars based on gypsum: current knowledge and perspective', in *Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*, ed. S. Siegesmund, T. Weiss & A. Vollbrecht, The Geological Society, London (2002) 165-176, <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.205.01.13>.

24. Thomson Jr, D.V., *The Craftsman's Handbook. "Il Libro dell' Arte."* *Cenino d'Andrea Cennini*, Dover Publications, New York (1933).
25. Lucas, A.; Harris, J., *Ancient Egyptian Materials and Industries*, E. Arnold, London (1962).
26. Forbes, R. J., *Studies in Ancient Technology*, 2nd ed., E. J. Brill, Leiden (1965).
27. Vogel, D.; Follner, H.; Jacobi, H.; Kulke, H.; Brokmeier, H.-G., 'Characterization and reproduction of historical gypsum plasters and comparison with familiar modern preparations', *ZKG International* **52**(11) (1999) 640-648.
28. Sanz, D., 'Traditional gypsum kilns', *Recopar* **5** (2005) 76-84, <http://polired.upm.es/index.php/recopar/article/view/2186> (acesso em 2019-1-25).
29. Murat, M.; Pusztaszeri, L.; Gremion, M., 'Corrélations "texture cristalline-propriétés mécaniques" des plâtres durcis. Étude préliminaire', *Materials and Structures* **8**(5) (1975) 377-385, <https://doi.org/10.1007/bf02479025>.
30. Belidor, B. F., *La Science des Ingénieurs dans la Conduite des Travaux de Fortification et d'Architecture Civile*, Paris (1729), <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k856819> (acesso em 2019-1-25).
31. Rondelet, J., *Traité Théorique et Pratique de l'Art de Bâtir*, vol. 1, Paris (1802), <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k86635c> (acesso em 2019-1-25).
32. Machado de Castro, J. M., *Dicionário de Escultura: Inéditos de História de Arte*, Livraria Coelho, Lisboa (1937).
33. Thuesen, I.; Leonardsen, E.; Rehhoff, L.; Akkermans, P., 'Gypsum or calcite? A preliminary case study of Syrian plasters', *Paléorient* **16**(2) (1990) 79-87, <https://doi.org/10.3406/paleo.1990.4534>.
34. Goren, Y.; Goldberg, P., 'Petrographic thin sections and the development of Neolithic plaster production in Northern Israel', *Journal of Field Archaeology* **18**(1) (1991) 131-140, <https://doi.org/10.1179/009346991791548735>.
35. Goren, Y.; Segal, I.; Bar-Yosef, O., 'Plaster artifacts and the interpretation of the Nahal Hemar Cave', *Journal of The Israel Prehistoric Society* **25** (1993) 120-131.
36. Hauptmann, A.; Yalcin, Ü., 'Lime plaster, cement and the first puzzolan reaction', *Paléorient* **26**(2) (2000) 61-68, <https://doi.org/10.3406/paleo.2000.4710>.
37. Nissen, H., 'The archaic texts from Uruk', *World Archaeology* **17**(3) (1986) 317-334, <https://doi.org/10.1080/00438243.1986.9979973>.
38. Ghorab, H.; Ragai, J.; Antar, A., 'Surface and bulk properties of ancient Egyptian mortars. Part I: X-ray diffraction studie', *Cement and Concrete Research* **16** (1986) 813-822, [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(86\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0008-8846(86)90004-9).
39. Regourd, M.; Kerisel, J.; Deletie, P.; Haguenaer, B., 'Microstructure of mortars from three Egyptian pyramids', *Cement and Concrete Research* **18** (1988) 81-90, [https://doi.org/10.1016/0008-8846\(88\)90124-X](https://doi.org/10.1016/0008-8846(88)90124-X).
40. Klemm, D.; Klemm, R., 'Mortar evolution in the Old Kingdom of Egypt', in *Archaeometry '90*, ed. E. Pernicka & G. A. Wagner, Birkhäuser Verlag, Basel (1990) 445-455.
41. Martinet, G., 'Caracterisation des mortiers pharaoniques du temple d'Amon à Karnak', *Bulletin de Liaisons Laboratoires des Ponts et Chaussées* **181** (1992) 39-45.
42. Tsakiridis, P.; Toumbakari, E., 'Characterisation of ancient gypsum mortars from the archaeological site of Amathus, Cyprus', in *Historic Mortars and RILEM TC 203-RHM Final Workshop*, ed. J. Válek, C. Groot & J. J. Hughes, RILEM, Bagnaux (2010) 373-380.
43. Tucci, P., 'Red-painted stones in Roman architecture', *American Journal of Archaeology* **115**(4) (2011) 589-610, <https://doi.org/10.3764/aja.115.4.0589>.
44. Marzo, P.; Alloza, R.; Iglesias, P.; Recuenco, J. L., 'Estudio arqueométrico de los morteros y materiales de construcción', in *Los Poblados del Bronce Final y Primera Edad del Hierro del Cabezo de la Cruz (La Muela, Zaragoza)*, ed. J. V. Picazo & J. M. Rodanés, Gobierno de Aragón, Zaragoza (2009) 331-343.
45. Parras-Guijarro, D.; Montejo-Gámez, M.; Ramos-Martos, M.; Sánchez, A., 'Analysis of pigments and coverings by X-ray diffraction (XRD) and micro Raman spectroscopy (MRS) in the cemetery of Tutugi (Galera, Granada, Spain) and the settlement convento 2 (Montemayor, Córdoba, Spain)', *Spectrochimica Acta. Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **64**(5) (2006) 1133-1141, <https://doi.org/10.1016/j.saa.2005.11.035>.
46. Gómez, M.; Vicente, J.; Martín, C.; Egido, M.; Algueró, M.; González, E.; Arteaga, A. Juanes, D., 'Revisión y actualización de análisis de la policromía de la Dama de Baza. Comparación con la Dama de Elche', *Bienes Culturales. Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español* **8** (2008) 211-222.
47. Sanz, D., 'Caracterización de los morteros del yacimiento islámico de los Casares (Riba de Saelices, Guadalajara)', relatório, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid (2002).
48. Genestar, C.; Pons, C., 'Ancient covering plaster mortars from several convents and Islamic and Gothic palaces in Palma de Mallorca (Spain). Analytical characterization', *Journal of Cultural Heritage* **4** (2003) 291-298, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.02.001>.
49. Cardell-Fernández, C.; Navarrete-Aguilera, C., 'Pigment and plasterwork analyses of Nasrid polychromed lacework stucco in the Alhambra (Granada, Spain)', *Studies in Conservation* **51** (2006) 161-176, <https://doi.org/10.1179/sic.2006.51.3.161>.
50. Romero-Pastor, J.; Duran, A.; Basilio, A.; Van Grieken, R.; Cardell, C., 'Compositional and quantitative microtextural characterization of historic paintings by micro-X-ray diffraction and Raman microscopy', *Analytical Chemistry* **83** (2011) 8420-8428, <https://doi.org/10.1021/ac201159e>.
51. Oudbashi, O.; Shekofte, A., 'Traditional methods of gypsum production in province of Khuzestan, southwest of Iran', in *HMC08, Historical Mortars Conference Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*, LNEC, Lisboa (2008), <https://www.researchgate.net/publication/236986738> (acesso em 2019-1-25).
52. Kawiak, T., 'Gypsum mortars from a twelfth-century church in Wislica, Poland', *Studies in Conservation* **36** (1991) 142-150, <https://doi.org/10.2307/1506419>.
53. Adams, J.; Kneller, W.; Dollimore, D., 'Thermal analysis (TA) of lime and gypsum-based medieval mortars', *Thermochimica Acta* **211** (1992) 93-106, [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(92\)87010-8](https://doi.org/10.1016/0040-6031(92)87010-8).

54. Capitan-Vallvey, L.; Manzano, E.; Medina Florez, V., 'A study of the materials in the mural paintings at the 'Corral del Carbon' in Granada, Spain', *Studies in Conservation* **39**(2) (1994) 87-99, <https://doi.org/10.1179/sic.1994.39.2.87>.
55. Middendorf, B.; Knofel, D., 'Characterization of historic mortars from buildings in Germany and the Netherlands', in *Conservation of Historic Bricks Structures: Case Studies and Reports of Research*, ed. N. S. Baer, S. Fitz & R. A. Livingston, Donhead, Shaftesbury (1998) 179-196.
56. Middendorf, B.; Knofel, D., 'Gypsum and lime mortars of historic German brick buildings. Analytical results and restoration material requirements', in *Conservation of Historic Bricks Structures: Case Studies and Reports of Research*, ed. N. S. Baer, S. Fitz & R. A. Livingston, Donhead, Shaftesbury (1998) 197-208.
57. Middendorf, B.; Knofel, D., 'Water-resistant gypsum lime mortars for the restoration of historic brick buildings', in *Conservation of Historic Bricks Structures: Case Studies and Reports of Research*, ed. N. S. Baer, S. Fitz & R. A. Livingston, Donhead, Shaftesbury (1998) 311-324.
58. Villanueva, L., 'Yesos tradicionales', in *Actas de la V Jornada de Aplicaciones Arquitectónicas de Materiales Compuestos y Aditivados*, Madrid (1999).
59. Colston, B.; Watt, D.; Goode, A., 'Analysis of historic lime and gypsum floors – Part two', *Journal of Architectural Conservation* **8**(2) (2002) 47-68, <https://doi.org/10.1080/13556207.2002.10785319>.
60. Fisher, H.; Vtorov, B., 'Characterization of historical gypsum mortars', *ZKG International* **55**(5) (2002) 92-99.
61. Lucas, G., 'High-temperature gypsum plaster on historic exteriors? A plea for Gypsum', *ZKG International* **56**(08/09) (2003) 78-86.
62. Lucas, G., 'The special features of high-temperature gypsum mortar as a building material', *ZKG International* **56**(08/09) (2003) 54-65.
63. Bustamante, R.; Sánchez de Rojas, M., 'Study of plaster finishes on San Pedro de los Francos church at Calatayud', *Materiales de Construcción* **57**(286) (2007) 53-64, <https://doi.org/10.3989/mc.2007.v57.i286.47>.
64. Lluveras, A.; Boularand, S.; Roqué, J.; Cotte, M.; Giráldez, P.; Vendrell-Saz, M., 'Weathering of gilding decorations investigated by SR: development and distribution of calcium oxalates in the case of Sant Benet de Bages (Barcelona, Spain)', *Applied Physics A* **90**(1) (2008) 23-33, <https://doi.org/10.1007/s00339-007-4228-x>.
65. Vela, E.; Sanz, D.; López, S., 'Survey and characterization of historical mortars of the church of San Pedro Apóstol in Polvoranca (Leganés, Madrid). Constructive aspects and petrological analysis', in *HMC08, Historical Mortars Conference Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*, LNEC, Lisboa (2008), <http://oa.upm.es/4233/> (acceso em 2019-1-25).
66. Sanz, D.; Villanueva, L., 'Albarracín y el Yeso Rojo', *Informes de la Construcción* **56**(493) (2004) 47-52, <https://doi.org/10.3989/ic.2004.v56.i493.439>.
67. Sanz, D.; Villanueva, L., 'Evolución de los morteros históricos de yeso al exterior en la España Central', in *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, ed. S. Huerta, R. Marín, R. Soler & A. Zaragoza, vol. 2, Instituto Juan de Herrera, Madrid (2009) 1329-1336.
68. Villanueva, L.; Mora, S.; Sanz, D., 'La construcción medieval y renacentista en las puertas del conjunto amurallado de Moya (Cuenca). Materiales históricos y técnicas Constructivas', in *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Instituto Juan de Herrera, Madrid (2005) 1115-1121.
69. Levey, M., 'Gypsum, salt and soda in ancient Mesopotamian chemical technology', *Isis* **49**(3) (1958) 336-342.
70. Theophrastus, *Theophrastus on Stones*, trad. E.R. Caley & J.F.C. Richards, Ohio State University, Ohio (1956).
71. Vitruvius, *Ten Books on Architecture*, trad. I. D. Rowland & T. N. Howe, Cambridge University Press, Cambridge (1999).
72. Pliny, *Pliny. Natural History*, trad. H. Rackham, Heinemann, London (1952).
73. Hakim, B.; 'Julian of Ascalon's treatise of construction and design rules from sixth-century Palestine', *Journal of the Society of Architectural Historians* **60**(1) (2001) 4-25, <https://doi.org/10.2307/991676>.
74. Leoni, J., *The Architecture of Leon Batista Alberti. In ten books. Of painting. In three books. And of statuary. In one book*, London (1755).
75. Cyril; S.; Gnudi, M.; Biringuccio, V., *The pirotechnia (1540), Reprint of edition originally published in 1942*, Basic Books, New York (1959).
76. Bandy, M.; Bandy, J., *Georgius Agricola: De Natura Fossilium*, Dover Publications, New York (2004).
77. Turriano, J., *The Twenty-one Books of Engineering and Machines of Juanelo Turriano*, trad. A. Keller, Doce Calles, Madrid (1996).
78. Montamy, D. F., 'Mémoire sur le stuc', in *Traité des Couleurs Pour la Peinture en Émail et sur la Porcelaine*, Paris (1765) 200-210.
79. Rodríguez-Navarro, C.; Hansen, E.; Ginell, W. S., 'Calcium hydroxide crystal evolution upon aging of lime putty', *Journal of American Ceramic Society* **81** (1998) 3032-3034, <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1998.tb02735.x>.
80. Ruiz-Agudo, E.; Rodríguez-Navarro, C., 'Microstructure and rheology of lime putty', *Langmuir* **16** (2010) 3868-3677, <https://doi.org/10.1021/la903430z>.
81. Aguiar, J., *Cor e Cidade Histórica. Estudos Cromáticos e Conservação do Património*, FAUP, Porto (2002).
82. Cotrim, H., 'Reabilitação de estuques antigos', tese de mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa (2005).
83. Silveira, P. M.; Veiga, M. R.; Brito, J., 'Gypsum coatings in ancient buildings', *Construction and Building Materials* **21** (2007) 126-131, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.06.035>.
84. Freire, T.; Santos Silva, A.; Veiga, R., 'Caracterização de revestimentos interiores antigos portugueses', in *HMC08, Historical Mortars Conference Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility*, LNEC, Lisboa (2008), <https://www.researchgate.net/publication/271072546> (acesso em 2019-1-25).
85. Santos Silva, A.; Veiga, R.; Adriano, P.; Magalhães, A.; Pires, J.; Carvalho, A.; Cruz, A. J.; Mirão, J.; Candeias, A., 'Characterization of historical mortars from Alentejo's religious buildings', *International Journal of Architectural Heritage* **4**(2) (2010) 138-154, <https://doi.org/10.1080/15583050903046322>.
86. Afonso, L. U., 'De rotunda a charola: a etapa manuelina', in *A Charola do Convento de Cristo: História e Restauro*, ed. A.C. Dias & I. Frazão, DGPC, Lisboa (2014) 70-159.

87. Bluteau, D.R., *Vocabulario Portuguez e Latino*, Collegio Artes Companhia de Jesus, Coimbra (1713), <http://purl.pt/13969>.
88. Oliveira, V., *Advertências aos Modernos que Aprendem os Officios de Pedreiro e Carpinteiro*, Officina de Antonio da Sylva, Lisboa (1748).
89. Sales, A. J., 'Dicionário do comércio', manuscrito, Biblioteca Nacional de Portugal, Lisboa (1759), <http://purl.pt/13945>.
90. Machado, C. V., *Collecção de Memorias Relativas às Vidas dos Pintores, Escultores, Architectos e Gravadores Portuguezes*, Lisboa (1823).
91. Correia, V., *Regimentos dos Officiais Mecânicos da Mui Nobre e Sempre Leal Cidade de Lisboa (1572)*, Imprensa da Universidade, Coimbra (1926).
92. Langhans, F., *As Corporações dos Officios Mecânicos. Subsídios para a sua História*, Imprensa Nacional de Lisboa, Lisboa (1943).
93. Langhans, F., *As Corporações dos Officios Mecânicos. Subsídios para a sua História*, Imprensa Nacional de Lisboa, Lisboa (1946).
94. Segurado, J. E., *Acabamentos das Construções*, Livraria Aillaud e Bertrand, Lisboa (1900).
95. Vieira, E., 'Técnicas tradicionais de fingidos e de estuques no norte de Portugal. Contributos para o seu estudo e conservação', tese de mestrado, Universidade de Évora, Évora (2002).
96. Silva, H. T., 'Giovanni Grossi e a evolução dos estuques decorativos no Portugal setecentista', tese de mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa (2005).

RECEIVED: 2018.7.31
REVISED: 2018.11.19
ACCEPTED: 2018.12.1
ONLINE: 2019.1.26



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>.

Going back to collections: a study case of the Florentino Ameghino collection housed in the Museo de La Plata (Argentina)

KARINA VANESA
CHICHKOYAN 

IIDyPCa, Conicet, UNRN,
Mitre 630, 8400 San Carlos de
Bariloche, Río Negro, Argentina
INIGEO, Universidad Nacional
de Luján, Ruta Nacional 5 y
Avenida Constitución, 6700
Luján, Buenos Aires, Argentina
karinavch@gmail.com

De volta às coleções: o caso da coleção Florentino Ameghino do Museu de La Plata (Argentina)

Abstract

The historical Florentino Ameghino collection housed in the Museo de La Plata (Argentina) joined the 19th century international discussion about human antiquity. The collection comprises bones with evidences of anthropic modification from alleged Tertiary beds associated with extinct animals. According to the Argentinean naturalist Florentino Ameghino, these evidences proved the early presence of humans in the South America's Southern cone. This analysis rules out the proposed intentionality behind the anthropic traces. Instead, most of the materials were remains of broken bones for marrow extraction. The revision of these historical collections is therefore crucial for obtaining up-to-date information to advance in current researches as methodologies to study them had highly developed in the last century. In this sense, museum collections become an alternative and powerful firsthand tool that preserves our non-renewable record of the past.

KEYWORDS

Historical collections
Archaeology
Preservation
South America
Human Antiquity bones

Resumo

A coleção histórica Florentino Ameghino, alojada no Museu de La Plata (Argentina), fez parte da discussão internacional do século XIX sobre a antiguidade humana. A coleção compreende ossos, de alegados estratos do período Terciário associados a animais extintos, com marcas de modificação antrópica. Segundo o naturalista argentino Florentino Ameghino, essas evidências comprovavam a presença precoce de seres humanos no cone sul da América do Sul. Esta análise descarta a intencionalidade dos traços antrópicos. Em vez disso, considera que a maioria dos materiais eram restos de ossos quebrados para extração de medula óssea. A revisão dessas coleções históricas é, portanto, crucial para obter informações actualizadas que permitam avançar as pesquisas atuais, pois as metodologias para estudá-las foram significativamente desenvolvidas no último século. Nesse sentido, as coleções de museus tornam-se uma alternativa e uma poderosa ferramenta de primeira mão que preserva o nosso registo não renovável do passado.

PALAVRAS-CHAVE

Coleções históricas
Arqueologia
Preservação
América do Sul
Ossos humanos da
Antiguidade

Introduction

The issue of human antiquity has been developing in Europe since at least the 17th century, but only in the 1860s a certain consensus was reached [1-5]. Extinct mammals and archaeological remains, associated in undisturbed beds, was the main evidence for proving a deep human past [1, 5-7]. North America played an active role, mostly during the second half of the 19th century [3, 8]. Claims of early human presence in South America can be traced to the 1840s, but they had a greater importance in the last decades of the 19th and early 20th centuries [3, 7, 9]. In this continent, native human remains provided during the expansion into indigenous lands were used for questioning the antiquity of man, just as it happened in Argentina [7, 10].

Hermann Burmeister and Francisco P. Moreno were among the first scientists who dealt with this issue [3, 10]. But Florentino Ameghino combined archaeological, paleontological and geological evidences to suggest that humans were present at the South America's cone since Tertiary times [3, 11-13]. In order to sustain his challenging idea, he presented a series of *paraderos* (temporary hunter-gatherer sites) he himself excavated in the 1870s. They were located in the Luján River Basin, in the surroundings of what today are the cities of Mercedes and Luján, in the Northeastern Pampean region of Argentina [3, 11-13] (Figure 1 [14]). A detailed description of associated worked bones and lithics, allegedly placed on Pliocene beds, was presented in his first works and especially explained in his masterpiece *La Antigüedad del Hombre en el Plata* (1880-1881). In addition, a series of anthropically

modified bones plus non-modified bones belonged to megamammals species [11], confirming human coexistence with extinct fauna and therefore human antiquity [3, 12]. But his theory was rapidly dismissed, especially by the Czech anthropologist Hrdlička who showed that the material presented by Ameghino was modern [7, 15-18]. Nevertheless, Ameghino's proposal that first human groups coexisted and exploited megamammals in the Americas proved to be true with the discovery of North American sites during the first decades of the 20th century [8, 12].

This historical context highlights the importance of the Florentino Ameghino collection in the conformation of museological collections of the 19th century. Arguments favoring or detracting its validity as evidence of early human presence in South America crosses over each element of this collection. Ameghino especially described the bones, as he needed to prove that they had been humanly transformed [11]. To do so, he classified and evaluated the different functions each fragment had. However, the current review of them has shown evidences of bone processing, especially for marrow extraction. During 1870s-1880s, bones analyses were still unusual in the archaeology of Argentina [19], even though they were becoming common in the European long-tradition of paleontological and archaeological research, and had highly advanced during the 20th century [1, 6, 13, 20-22]. Consequently, collections originated during the 19th century or before are a valuable resource to be restudied with present-day methodologies. As this material has been interpreted in a faraway historical and scientific context, they are susceptible of having new information, or previous

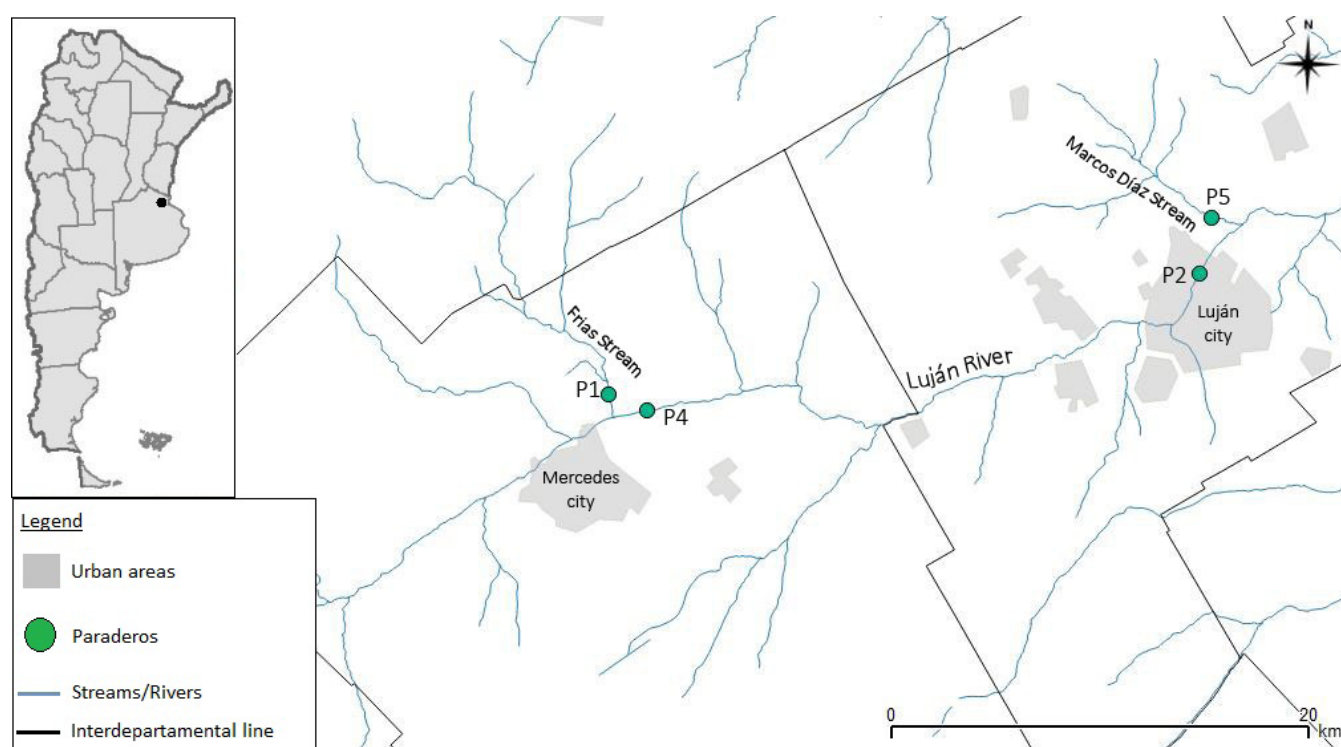


Figure 1. Location of *paraderos* 1, 2, 4, 5 presented by Ameghino (Map based on [14]).

interpretations can be reviewed under the light of new methodological approaches [6, 20, 23-28]. Therefore, with the incorporation of the taphonomical background and zoo-archaeological concepts [19, 21-22, 29], the initial interpretations of these historical collections are out-of-date.

The revision of the Florentino Ameghino collection was based on this perspective and it was part of a project that involved reviewing Argentine and European historical fossil collections using novel methodologies [20]. This analysis brings back a historical collection that was a key element in the worldwide controversy of early human occupation in South America. In addition, it is one of the few still available evidences to understand prehistoric occupations in an area highly impacted by modern urbanization [12] (Figure 1). Hence, the aim of this work is to present the new analysis of the Florentino Ameghino collection, contextualized into the 19th century discussion of human antiquity. The ultimate objective is to revalorize this patrimony for current research issues through the use of next-generation methodologies and perspectives. The integration of this Cultural Heritage into new study programs is a necessary step for scientific and public requirements. Moreover, it is a way of preserving our patrimony given the fact that the record of the past is a non-renewable resource [24-25, 30].

The Florentino Ameghino collection and human antiquity

For the science developed in Europe in the 19th century, the issue of human antiquity had religious, philosophical and scientific connotations. Ensuring the non-existence of a *pre-diluvial man* confirmed the Bible scriptures. According to the geological studies of that period, humans arrived to a modern Earth, where a succession of catastrophes modeled the surface and extinguished megamammals communities [1-2, 4-6]. Consequently, the presence of extinct mammals and the geological position of bones and/or anthropic remains were crucial evidences for discussing the age of humans. To this, methodological and theoretical tools to analyze the variability of past material culture and faunal remains started to be developed. Observation of the stratigraphy and finding associations of materials in the same levels were especially relevant [1-2, 4-6]. Also, early post-depositional and taphonomical observations started to emerge to unravel site formation and biological agents marking bones surfaces [1, 6, 19, 21, 29]. By 1850s-1860s, several paleontological, geological and archaeological advances had taken place. Thus, the great antiquity of man and its coexistence with megamammals started to be accepted, contradicting early views on this subject [1-6].

By the second half of the 19th century, the Natural Sciences of North America also began to question the antiquity as well as the origin of Native Americans. Political and ideological issues and the existence of indigenous people

influenced the acceptance of a deep time human occupation in the Americas [3, 8]. As a result, most of the evidences pointing to humans and extinct fauna coexistence and/or human remains into antique geological beds were dismissed [3, 8, 15]. The settlement of the Americas was recent in time, in contrast to the ultimate European vision of humanity great antiquity [8, 15]. Only in 1927 megafauna-humans coexistence and an older American human presence started to be accepted with the discovery of associated bison bones and artifacts in the Folsom site (New Mexico, USA) [8].

North America and Europe were the main centers of academic discussion [1, 3, 8, 31], so South America's southern cone's claims of human antiquity were not considered [7]. Peter W. Lund, a Danish naturalist, broke this polarization with his pioneering work in Lagoa Santa (Brazil). His excavations in different caves of this place resulted in the first assertion of South American human-megafauna antique association. However, only in the late 19th and early 20th centuries, his thesis started to be discussed internationally [3, 9]. In Argentina in the 1870s, Burmeister and Moreno were among the first researchers to discuss an old human origin in the South American continent. Their assumptions mixed up with political interests for building a national discourse of the emerging state [3, 10, 31]. By that time, Ameghino was also aiming to prove the great antiquity of humans. But his view was more related to a general Natural Science discipline influenced by the evolutionist paradigm [31-32]. After the 1880's, he went even further into his theories by suggesting America as the cradle of humankind [3, 16, 18, 31-32]. This late postulate was aligned with the renewed questions about origins, evolution and dispersion of humans due to the discovery of different hominids skeletons in the Euro-Asiatic continent by the late 19th and early 20th centuries [2, 31-32]. For proving his novel ideas, and following European trends of new discoveries [3], Ameghino described different human remains and lithic industries. These evidences were the most debated at national as well as international levels [7, 13, 15-18, 31-32].

But for his first postulates Ameghino relied on a set of bones and lithic artifacts. He excavated this material between 1869 and 1877 in different *paraderos*, while being a schoolteacher in Mercedes city [12]. He registered the general context (association of bones, tools and geological levels), recorded small fragments of bones and described and classified them according to the type of surface modification he observed [11, 19]. Since his goal was to prove a Pampean long-term human occupation and coexistence with extinct fauna, he linked archaeological, paleontological and geological evidences and considered taphonomical insights for understanding site formation and origin of the marks on bones surface [13, 19, 33]. This circuit of meticulous excavation by levels or layers, registering contextual information and interpretation of the material was still an unusual way of analysis in South America, as compared to the European developments mentioned above.

Regarding the description of bones, he assumed that most of the materials, especially the small fragments, had been intentionally worked for specific purposes. But despite the detailed explanation of each one, certain bones attributed to instruments were actually fragments detached from the bone processing activity. Consequently, modern perspectives must be applied to these first analysis attempts. After the initial advances of the 19th century, a whole framework for studying bone material (including conceptual, technological and experimental axis) started to develop and expand, especially after the 1970s [5, 21-22, 29]. Taphonomical reasoning began to be incorporated to differentiate the several surface modifications produced in bones after animals die [21, 34-35], for differentiating non-biological activity (e.g. post-depositional fractures, sediment, fluvial intervention, trampling, weathering, roots, manganese spots) from biological intervention (carnivores and humans) [21-22, 34-35]. As a result, the corpus of procedures that archaeology has developed throughout these decades has been useful for going back to these old collections. They can be reviewed with the new technological advances and obtain new information under the modern standards of scientific knowledge.

Are museum collections suitable materials for current research?

Historical collections are a testimony of how the prehistoric science was shaped during the 19th or earlier centuries [2]. In those times, natural and cultural patrimonies were part of different trading networks among local authorities, voyagers, intermediaries and museums [3, 36]. Fossils, botanical remains, faunal species, ethnographical objects and even architectural features have rested in these institutions to date [22, 26, 30, 36-37]. As a result of this handling, most historical collections are disassociated with their principal context of provenance and/or chronology. Some materials only have a regional assignment, they are isolated objects or, in the faunal cases, their taxonomic designations are outdated. They also suffer from representativeness, as the most complete or *beautiful* pieces have been selected without considering the context or the associations [20, 23, 25, 27, 37-38]. The types of curation and conservation strategies of the past could have blurred, covered or destroyed specific attributes for current analysis [23, 37-38]. Especially over the last 150 years, loss of records and documentation, removal of the deposits and even wars have deteriorated the fragile contextual association of these collections [20, 27, 38].

Despite these debilities, this patrimony can be interbred in current research studies. Indeed, it is true that the information obtained will not have the same resolution as the systematic excavated materials. It can also be hard to interpret them into archaeology realms, where contextual information is basic for making assumptions [20, 22, 24-25, 27, 38]. The little contextual information these types of collections

have as associations, stratigraphy position or sedimentary matrix opposes a fine-grained analysis, and data interpretation will be limited. Nevertheless, these historical collections are a highly valuable resource for different reasons:

1. They are firsthand resources that can save money and time, as the *raw* data have already been collected [39]. As a consequence, space, staff and curational resources must be used to properly maintain them [23, 37-38]. Collections need to be preserved in a special place: its maintenance depends not only on the individual packaging (e.g. bags or boxes) but also on the storage area. Specialists from different disciplines must be dedicated to different aspects of their preservation. Supplies, special instruments and tools must be used for maintaining collections for future generations. These necessary resources are generally paid through public taxes [26, 30, 39]. Thus, the use of collections in current analyses is also a way to work for the societies that indirectly maintain them.

2. These historical collections are sometimes the only way we have to research the past of the earth variability. Sites where the archaeological and/or natural material was extracted from, or the groups that made the material culture, may not exist anymore [12, 30, 40]. In this sense, the past is a non-renewable resource as field work is not only a data-collective activity but also a destructive procedure [24]. Modern urbanization can cover or remodel sites excavated in the 19th century or earlier, [12, 40] and also destroy the current ones. In addition, some 19th century-plundered indigenous populations have disappeared or transformed from the time their material culture was distributed around the world [30].

3. As mentioned before, these collections can still contain information that was ignored or interpreted in different ways, given the historical context and the existing methodologies prevailing at the time of their recollection.

Therefore, incorporating historical collections into current research programs revalue this type of patrimony. Studies carried out in different time periods are reconnected, historical information surrounding the conformation of the collections is rescued and new information is obtained. In this sense, in the last decades, the collections of lithics, ceramics and fossil materials started to be used in current study programs [6, 20, 24-25, 27-28]. Consequently, these materials are proving to be a necessary option to produce novel knowledge for present and future studies regarding our past behavior. Under this perspective, and considering the historical debate in which the Florentino Ameghino collection has been described, its current revision has been a necessary task.

Material and methods

The Florentino Ameghino collection is housed in the *Depósito* 25 of the División de Arqueología of the Museo de La Plata (Argentina) (MLP-Ar). This museum is one of the most important institutions of this type in that country. It was founded under the late 19th worldwide emerging trend

of development of Natural Science museums and consequently, it houses crucial archaeological, anthropological and paleontological collections constituted at that time [36]. Currently, the División de Arqueología has a program for recovering and revaluing the historical collections deposited in this area [41].

This collection was the onset of Ameghino's proposals regarding human presence in Tertiary levels in coexistence with extinct megamammals [3, 11-13]. Given the effect these ideas had on the scientific local community, he took the collection to the International Exposition held in Paris in 1878. There, the material was given a special location and was examined by different international researchers [3, 11-13, 18]. Having been brought back to Argentina, the collection was housed in the Museo de La Plata [11-12] and reviewed by Lehmann-Nitsche [42]. To this author, bone fragments were mostly accidental splinters. Afterwards, the collection was misplaced for several years and nowadays only part of it has been recovered [12-13].

Biological marks made by humans when processing the animal were differentiated from carnivores or non-biological activity. On the one hand, when separating the different muscles and tendons of the animals, cut marks can be left in bone surfaces [21, 34-35]. In general terms these marks are elongated, linear and narrow [21, 34-35] and they are presented in patches or clusters, with parallel or similar orientation among them [21, 35]. Besides, humans fracture bones in order to access the marrow [21-22], leaving broken bones with spiral (or longitudinal) morphology with a smooth surface [21, 35]. In addition, impact points can be left in the breakage sequence. These are depressed semicircular areas indicating the pressure of the stone collapsing the bone [21, 34-35]. Internal circular traces can be present in the semicircle [21]. Flakes and/or percussion cones can be detached by the blow upon the bone, or they can remain adhered [34-35]. Detached flakes can leave extractions in the cortical or medullar faces.

These current classifications were considered for each piece of bone so as to give an up-to-date interpretation of the collection. Nevertheless, the original categories suggested by Ameghino were respected. Three categories were especially important in his analysis: "bones longitudinally broken" referred to fragments obtained after the percussion for extracting marrow. Fragments of these bones could eventually be transformed in instruments thus entering in the category of "worked bones". Finally, when the bones presented cut marks they were classified as "bones with incisions" [11, 19]. Additionally, the author assigned other bones to categories such as "mandibles broken by man", "burned bones" and "bones with signs of having been struck" that were not present when the analysis was made. The material was reviewed with the naked eye and then with 3.5× and 12× magnifying glasses. In addition, a Dinolite Microscope 4113 model and its software (Dinolite 2.0) were also used. High resolution photographs were taken with a Panasonic Lumix DMC-TZ35 camera.

Results

The material analyzed here belongs to the *paraderos* 1 (P1), 2 (P2), 4 (P4) and 5 (P5) (Figure 1). A total of forty-six bones were reviewed, thirty-eight presented clear anthropic interventions while the rest could not be assigned to current classification of anthropic breakage (Table 1). In general, the material presented a good level of conservation, with conserved cortical bone and a low degree of post-depositional factors. The most important modifications found were spots of sediment and manganese, and weathering. Spots of manganese were small and very disperse, except for six bones where they covered most of the surface. Sediment was also present in a very disperse way, without forming concretions, with the exception of two bones. Low levels of weathering, consisting of just few cracks were observed. In some cases they were placed over the anthropical fractures, indicating that the bones had been shortly exposed after their manipulation.

The bones reviewed in the four sites were the result of different anthropic activities for extracting marrow, flesh and probably to produce instruments: twenty-one fragments, twelve flakes, three percussion cones and two cut-marked ribs were differentiated (Table 1).

Paradero 5

It was composed of an important deposit of bones such as cervids, guanacos and extinct animals such as *Toxodon* and *Glyptodon*, plus human industry. It was found by Ameghino 1.5 to 2 meters below the surface of the Marcos Díaz stream [11] (Figure 1). Eight elements were reviewed from this site, including diaphyses of medium and small mammals and two indeterminate fragments (Table 1). According to the author, most of the broken diaphysis belonged to cervids and guanacos.

Of the three suggested categories, only "bones longitudinally broken" and "worked bones" were identified in the collection. The first one was made up of the MLP-Ar-(b)622/3 fragment and according to the author's interpretation, it was likely to be the consequence of marrow extraction. Rodent marks, probably of *Reithrodon*, surrounding the entire bone surface were found by Ameghino. However, these marks can be nowadays reinterpreted as the result of root action. Dendritic, U-shape pattern is left by this non-biological intervention, as observed in this element (Figure 2a). Interestingly, the author observed that the alleged rodent marks were made after the bone was humanly broken. He specifically described the marks extended over the surface and into the medullar canal. The superposition of different factors taking place in the bones was an observation systematized much later, in the 20th century.

Currently, it is used to indicate that cut-marks are antique when other post-depositional factors cross over them [34]. The other seven bones correspond to the second category, "worked bones". Nevertheless, several sub-categories were

made by the author. Some bones were first longitudinally broken and subsequently worked to obtain sharp edges to be used as instruments. These were the cases of bones MLP-Ar-(b)591-592, MLP-Ar-(b)601, MLP-Ar-(b)609 and MLP-Ar-(b)626-627 that would have been instruments for cutting, scrapers for cleaning skins or awls. Bones MLP-Ar-(b)634-635 and MLP-Ar-(b)628/9 were classified as arrowheads because

of their small shape and polish, for obtaining a sharp edge. A third sub-category consisted of very small fragments of bevel-cut bones (bone MLP-Ar-(b)593-95) in spite of the fact that Ameghino could not clarify the specific function of this type of instrument. However, the current identification of spiral fractures, impact points, adhering flakes or extraction attributes, allows to assign five bones (MLP-Ar-(b)591-592,

Table 1. Detail per *paradero* of the Florentino Ameghino collection, indicating Ameghino's description and an alternative interpretation.

Number	Site	Element	Size / identification	Ameghino category	Specific function according to Ameghino	Alternative interpretation				Additional characteristics of bone processing				
						Fragment	Flake	Percussion cone	Other	dinal fracture	Impact point	Adhering flakes	Extraction	Cut marks
MLP-Ar-(b)622/3	P 5	Diaphysis	Medium	Bone longitudinally broken	Bone broken for marrow extraction	1				1	1			
MLP-Ar-(b)591-592	P 5	Diaphysis	Small	Worked bones	Instrument for cutting or scraper for cleaning skins	1				1	1			
MLP-Ar-(b)601	P 5	Diaphysis	Medium	Worked bones	Instrument for cutting or awl	1				1	1	1		
MLP-Ar-(b)609	P 5	Diaphysis	Medium	Worked bones	Instrument for cutting or scraper for cleaning skins	1				1				
MLP-Ar-(b)634-645	P 5	Diaphysis	Small	Worked bones	Arrowhead	1				1				
MLP-Ar-(b)628/9	P 5	-	-	Worked bones	Arrowhead		1			1			1	
MLP-Ar-(b)593-95	P 5	-	-	Worked bones	Bevel-cut instrument		1			1				
MLP-Ar-(b)626-627	P 5	Diaphysis	Medium	Worked bones	Scraper	1				1	1			
						6	2			8	4	1	1	
MLP-Ar-(b)596	P 4	Diaphysis	Medium	Bone longitudinally broken	Bone broken for marrow extraction	1				1			1	
MLP-Ar-(b)581-582	P 4	Diaphysis	Small	Bone longitudinally broken	Bone broken for marrow extraction	1				1			1	
MLP-Ar-(b)612	P 4	Diaphysis	Medium	Bone longitudinally broken	Bone broken for marrow extraction	1				1	1			
MLP-Ar-(b)620	P 4	-	-	Worked bones	Arrowhead		1			1				
MLP-Ar-(b)621	P 4	Diaphysis	-	Worked bones	Arrowhead		1					1		
MLP-Ar-(b)640	P 4	Diaphysis	-	Worked bones	Arrowhead		1			1				
MLP-Ar-(b)562-563	P 4	-	-	Worked bones	Arrowhead		1						1	
MLP-Ar-(b)618	P 4	-	-	Worked bones	Arrowhead			1			1			
MLP-Ar-(b)540-541	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Arrowhead or awl	1				1			1	
MLP-Ar-(b)583	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Bevel-cut instrument		1			1				
MLP-Ar-(b)585	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Bevel-cut instrument		1			1				
MLP-Ar-(b)553	P 4	Diaphysis	-	Worked bones	Bevel-cut instrument		1						1	
MLP-Ar-(b)559-561	P 4	Diaphysis	-	Worked bones	Bevel-cut instrument			1			1			
MLP-Ar-(b)549-550	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Bevel-cut instrument	1				1				
MLP-Ar-(b)624-625	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Bevel-cut instrument	1				1			1	
MLP-Ar-(b)598-600	P 4	Diaphysis	Medium	Worked bones	Flaked bone	1				1	1			
						7	7	2		11	4	1	6	

Table 1 (continued)

Number	Site	Element	Size / identification	Ameghino category	Specific function according to Ameghino	Alternative interpretation				Additional characteristics of bone processing				
						Fragment	Flake	Percussion cone	Other	dinal fracture	Impact point	Adhering flakes	Extraction	Cut marks
MLP-Ar-(b)659	P 2	Diaphysis	Medium	Bone longitudinally broken	Bone broken for marrow extraction	1				1				
MLP-Ar-(b)580	P 2	Rib (juvenil)	Pseudolestodon*	Bone with incisions	Cutmarked bone				1					1
MLP-Ar-(b)653	P 2	Diaphysis	Toxodon*	Bone with incisions	Cutmarked bone	1				1	1			
MLP-Ar-(b)606-607	P 2	Tooth	Toxodon*	Worked bones	Polished tooth	1					1			
MLP-Ar-(b)667-668	P 2	-	-	Worked bones	Bevel-cut instrument		1			1				
MLP-Ar-(b)630-631	P 2	-	-	Worked bones	Arrowhead		1			1				
MLP-Ar-(b)539	P 2	Diaphysis	-	Worked bones	Awl	1				1	1			
MLP-Ar-(b)611	P 2	Diaphysis	Medium	Worked bones	Bone longitudinally broken and stroked in both sides	1				1	1		1	
MLP-Ar-(b)564-566	P 2	Diaphysis	Small	Worked bones	Instrument to be used for cutting or as a scraper		1			1				
MLP-Ar-(b)551-552	P 2	Diaphysis	-	Worked bones	Instrument to be used for cutting			1			1		1	
MLP-Ar-(b)554-555	P 2	Diaphysis	Medium	Worked bones	Instrument to be used for cutting	1				1	1			
MLP-Ar-(b)602-604	P 2	Rib**	-	Worked bones	Polished and cutmarked bone				1					1
						6	3	1	2	8	6		2	2
MLP-Ar-(b)646	P 1	Diaphysis	Small	Bone longitudinally broken	Broken bone for marrow extraction	1				1				1
MLP-Ar-(b)647	P 1	Diaphysis	Carnivore*	Bone longitudinally broken	Broken bone for marrow extraction	1				1				
						2				2				1
Total						21	12	3	2	29	14	2	9	3

* Species identified by Ameghino.

** Element classified by Lehmann-Nitsche.

MLP-Ar-(b)601, MLP-Ar-(b)609, MLP-Ar-(b)634-635 and MLP-Ar-(b)626-627) to fragments produced for accessing marrow. For example, in MLP-Ar-(b)626-627 expansion waves in the impact point zone were observed as a result of the percussion strike. Bones MLP-Ar-(b)591-592 (Figure 2b) and MLP-Ar-(b)601, despite having sharp edges, were mainly the result of the percussion for breaking the bone. Both bones have clear impact points and an adhering flake was identified in MLP-Ar-(b)601. Bones MLP-Ar-(b)628/9 (Figure 2c) and MLP-Ar-(b)593-95 were identified as flakes, especially because of spiral fracture and their small dimensions.

Paradero 4

Bones from extinct megafauna such as *Toxodon* or mastodon and other smaller taxa were extracted from a lacustrine layer that was two meters below the surface of the Luján River (Figure 1). Sixteen diaphyses of medium and small mammals or indeterminate fragments were reviewed

(Table 1). According to Ameghino, diaphyses belonged to cervids and guanacos [11].

Several types of categories for the different modifications were described by the author. At the moment of the revision only bones belonging to “bones longitudinally broken” and “worked bones” were present in the collection. Regarding the first category, Ameghino mentioned 3 bones: MLP-Ar-(b)596, MLP-Ar-(b)581-582 and MLP-Ar-(b)612. Conchoidal cavities, depressions or longitudinal borders that could have been product of the percussion strikes, were identified in these fragments. Extractions or impact points are the current terminology to describe these features. In addition, in bone MLP-Ar-(b)612 clear expansion waves in one of the borders were observed (Figure 3a).

In the second category, “worked bones”, there were also several sub-categories. Five bones could have been arrowheads and one an arrowhead or awl. Shape (MLP-Ar-(b)620, MLP-Ar-(b)621 and MLP-Ar-(b)640), symmetrical strikes



Figure 2. Cortical and medullar faces of bones from P5: a) MLPAr-(b)622/3 with root marks; b) MLP-Ar-(b)591-592; c) MLP-Ar-(b)628/9 flake.

(MLP-Ar-(b)562-563), artificial polish (MLP-Ar-(b)618) and intentional cuttings for producing a pointed edge (MLP-Ar-(b)540-541) were the features sustaining this categorization. Other six bones have been bevel-cut such as the MLP-Ar-(b)583 and the MLP-Ar-(b)585. Bone MLP-Ar-(b)553 also presented concavities and bones MLP-Ar-(b)559-561, MLP-Ar-(b)549-550, MLP-Ar-(b)624-625 had signs of specific strikes in their borders. Finally, bone MLP-Ar-(b)598-600 presented a different style of small strikes on its left side. In this category current interpretations do not match with the alleged functionality of the fragments. Regarding the six bones with an arrowhead (or awl) function, four would have been flakes (MLP-Ar-(b)620, MLP-Ar-(b)621, MLP-Ar-(b)640 and MLP-Ar-(b)562-563). Additionally, bone MLP-Ar-(b)621 had a clear adhering flake (Figure 3b), while the symmetrical strikes of MLP-Ar-(b)562-563 was reinterpreted



Figure 3. Cortical and medullar faces of bones from P4: a) MLPAr-(b)612; b) MLP-Ar-(b)621 with adhering flake; c) MLP-Ar-(b)618 percussion cone.

as an extraction. Bone MLP-Ar-(b)618 was actually a percussion cone with an impact point and circular waves (Figure 3c), while MLP-Ar-(b)540-541 was a fragment with extraction signs. The six bevel-cut bones were also interpreted in a different way. Bones MLP-Ar-(b)583, MLP-Ar-(b)585 and MLP-Ar-(b)553 would have been flakes, while the concavity observed in MLP-Ar-(b)553 would have been an extraction mark. Bone MLP-Ar-(b)559-561 would have been a percussion cone with a clear impact point in the cortical face (instead of the strike mentioned by Ameghino). Finally, bones MLP-Ar-(b)549-550 and MLP-Ar-(b)624-625 would have been fragments and only the last one presented extractions comparable to the blows observed by the author. Last but not least, bone MLP-Ar-(b)598-600 was probably a fragment, with two impact points. Nevertheless, it should not be ruled out that bones MLP-Ar-(b)562-563 and MLP-Ar-(b)540-541 may have had some type of functionality as the consecutive extractions shaped a pointed section in them.

Paradero 2

According to Ameghino [11], it was one of the most important and ancient sites located in the Luján River (Figure 1) as he identified a big number of bones and species like cervids, guanacos, and megafauna such as *Toxodon* and *Mylodon*. Several types of evidences were described here, but currently only “bones longitudinally broken”, “worked bones” and “bones with incisions” were located.

Twenty bones were examined, twelve of these presented clear features of percussion marks (Table 1). Eight bones could not be related with specific human traces like a metapod of *Cervidae* MLP-Ar-(b)655, as the observed longitudinal fractures did not have a smooth surface. He also described several cut marks on a *Toxodon* (MLP-Ar-(b)605) tooth and in the indeterminate diaphysis (MLP-Ar-(b)651). But the superficial and non-oriented marks match to the current descriptions of weathering and trampling cracks. Other bones (MLP-Ar-(b)597, MLP-Ar-(n)658, MLP-Ar-(b)586, MLP-Ar-(b)587, and MLP-Ar-(b)536) would have been used as arrowheads or awls given their polished and sharp edges. Currently, these fragments do not present clear biological interventions as the borders were post-depositionally broken, although the fluvial erosion observed in MLP-Ar-(b)597 could have been confused with an intentional polish as described by Ameghino. Apart from the metapod MLP-Ar-(b)655, bone MLP-Ar-(b)659 was also included into the “bones longitudinally broken” category. The spiral and smooth fractures observed can be related to the classification made by the author.

“Bones with incisions” were also present in this site, like the rib of a juvenile individual of *Pseudolestodon* (MLP-Ar-(b)580) that presented three oblique marks of approximately 1.5 cm on its internal face (Figure 4a). The marks described on a probable diaphysis of *Toxodon* (MLP-Ar-(b)653) were currently assigned to trampling marks, as these cross the entire surface in different directions and were superficially made. But the fact that a shallow loading point is present in one of the edges should not be ruled out.

Then, nine bones were assigned to the “worked bones” category. Different functions, manufacturing ways or species comprise this group. There was a possible tooth of *Toxodon* MLP-Ar-(b)606-607 that could have been extracted from a bigger tooth. There was also a bevel-cut bone the author described in detail (MLP-Ar-(b)667-668), a polished arrowhead (MLP-Ar-(b)630-631), a polished awl (MLP-Ar-(b)539), a bone that was first longitudinally broken and then stroked in both sides (MLP-Ar-(b)611), a cut and flaked bone to be used for cutting or as a scraper (MLP-Ar-(b)564-566) and two bones that were cut, polished and flaked to be used as cutting implements (MLP-Ar-(b)551-552 and MLP-Ar-(b)554-555). Into this category a possible rib (MLP-Ar-(b)602-604) was also included. It was entirely polished with a group of three oblique cut marks, two of 1 cm and one of 0.5 cm (Figure 4b). With the exception of this last element, up-to date information gave an alternative interpretation to the analysis carried out by Ameghino, as it occurred in the other sites. Four



Figure 4. Bones from P2: a) MLP-Ar-(b)580 rib of *Pseudolestodon* with cut marks; b) MLP-Ar-(b)602-604 rib, polished and with cut marks; c) cortical and medullar faces of MLP-Ar-(b)611.

bones could have been fragments (MLP-Ar-(b)606-607, MLP-Ar-(b)539, MLP-Ar-(b)611 and MLP-Ar-(b)554-555). The first one, the possible tooth of *Toxodon* MLP-Ar-(b)606-607 was a fragment with an impact point on one side and some expansion waves as a result of the strike. Bone MLP-Ar-(b)539 was probably broken for marrow extraction and has one impact point with accompanying circular waves. The pointed shape on the opposite side could have had some type of function as stated by the author. Both borders of bone MLP-Ar-(b)611 had impact points, and on one side, two of them had circular

waves extending into the cortical bone and an extraction follows one of them (Figure 4c). The diaphysis MLP-Ar-(b)554-555 was the result of the fragmentation for accessing the marrow. The important impact point observed in one of the borders could have been the result of this action. In addition, three bones could have been flakes (MLP-Ar-(b)667-668, MLP-Ar-(b)630-631 and MLP-Ar-(b)564-566) given their smaller size with spiral shapes, and bone MLP-Ar-(b)551-552 could have been a percussion cone with an impact point and cortical extractions.

Paradero 1

Ameghino discovered this site in the Frias stream in 1873 (Figure 1) and given the association of human remains with megafauna, he dedicated a special chapter in his work [11]. Nevertheless, only two diaphyses with spiral and longitudinal fractures and a possible cut mark in bone number MLP-Ar-(b)646 were reviewed in the collection. Bone MLP-Ar-(b)647 was attributed by Ameghino to a carnivore (Table 1). Recently the human bones have been dated in $10,300 \pm 60$ and $9,520 \pm 75$ 14C BP (ca. 12,250 and 10,975 BC) [8], making this one of the earliest dates for human remains in the continent [12, 17].

Discussion

The Florentino Ameghino collection participated in one of the most important international controversies of the 19th century about human antiquity. The material presented here inspired Ameghino's first scientific postulates. Especially crucial for confirming an antique occupation of the Pampean region was the association of instruments intentionally produced for different activities and diverse megamammals taxa, into Tertiary levels. The general manufacturing procedure was to break the bones to access marrow and later on use the small fragments for different purposes such as arrows, scrapers or bevel-cut instruments. Abundance of bone fragments in the same levels and the alleged similarity in shapes were interpreted as evidences of anthropic manipulation for instruments production.

Nevertheless, in the 19th century the lack of a detailed corpus of methodologies and terminology influenced the way in which the faunal material analyses were made. Even at the time of Lehmann-Nitsche's revision, almost thirty years later, the corpus of bone modification studies had still not been fully developed. Thus, up-to-date archaeological information and methodologies can be used to clarify at least two misconceptions of this standpoint collection. On the one side, surface modifications of biological (both carnivore and humans) and non-biological origin were sometimes confused. On the other side, it was supposed that most of the bone fragments were produced for a specific task.

In relation to the first misconception some non-biological marks were attributed to a biological origin. In P5 bone

MLP-Ar-(b)622/3 with supposed rodent marks, they were actually roots. In P2, the tooth of *Toxodon* MLP-Ar-(b)605, the indeterminate diaphysis MLP-Ar-(b)651 and the diaphysis of *Toxodon* MLP-Ar-(b)653 included in the "bones with incisions" category had actually weathering and trampling marks, and bones MLP-Ar-(b)597, MLP-Ar-(n)658, MLP-Ar-(b)586, MLP-Ar-(b)587 and MLP-Ar-(b)536 included in the "worked bones" category, did not present clear anthropic modifications. In this sense, the development of specific methodologies and, considering post-depositional factors influencing the bone surface throughout the last decades is essential for detecting and separating biological from non-biological interventions. At the time of Ameghino, the lack of this type of information would have strongly influenced the interpretation of non-biological marks as biologically made.

Regarding the second misconception, the instruments described as "worked bones" cannot definitely be assigned to this category. The use of instruments during the Holocene of the region is well documented. The bones they were made with have clear signs of human elaboration for this purpose [25, 43]. However, in the Florentino Ameghino collection fragments are small, with presence of impact points, extractions or adhering flakes. These characteristics show evidence of the process of blowing the bones for extracting the marrow, not for making tools. In relation to this observation, most of the long bones included in his category "bones longitudinally broken" could have been the result of this type of activity.

In spite of the bias of the sample, its analysis sheds light on how prehistoric subsistence was developed in the Luján River Basin. In this sense, the collection was affected by historical conditions added to the probable post-depositional factors affecting the sites. When excavating them, Ameghino observed that the material was left in situ for future excavations [11] so only a selected part of the material was extracted. Afterwards, the collection was misplaced more than one century ago and only a part of it has recently appeared. Thus, from the partial sample originally excavated, a smaller quantity has survived until today. For example, diaphyses of long bones are the predominant category for the appendicular skeleton, whereas epiphyses are absent. The axial skeleton is only represented by two ribs, and the cranial skeleton is represented by the supposed teeth of *Toxodon*. Nevertheless, thanks to this collection, it can be seen how this spot of the Pampean region was recurrently used. Similar activities were performed, as processing of different taxa and marrow extraction was done in the four sites. Additionally, the cut marks observed over the rib of *Pseudolestodon* found in P2 indicates consumption of juvenile megafauna. This evidence directly confirms Ameghino's claims of human-megafauna coexistence and the antiquity of these *paraderos*, despite not being of Tertiary age. Considering the early date obtained in P1, human occupation dates backs to the Late Pleistocene/Early Holocene in P1 and P2.

Conclusion

Museum collections are a standpoint of modern archaeology. The materials that make them up were described and interpreted based on paradigms and ideas different from those of today. The technological, theoretical and practical archaeology has made great progress during the 20th century which has enabled to go back to these collections and obtain new ideas for current and future research. Consequently, preserving and maintaining these foundational collections on the one side protects the historicity aspect in which they were conformed and discussed, and on the other it is a necessary issue to interconnect them in the current research axis.

The Florentino Ameghino collection at the Museo de La Plata is a practical example to see how this can be put into practice. More than one century after its extraction its revision was highly useful. It brought back the 19th century debate of human antiquity and gave renewed information from a current modified sector of the Luján River Basin. Also, it was a clear way to understand how museum collections can be reinterpreted and produce a new corpus of information for deciphering the past dynamics. The use of next-generation methodologies in this and other collections will allow having new information still to be discovered in this Cultural Heritage.

Acknowledgments

This essay was financed by the Erasmus Mundus grant inside the International Doctorate in Quaternary and Prehistory program. It is part of the PICT 2014-1558 *Sociedades y Ambientes en Transformación* funded by FONCYT-MINCYT, and of the project *El Patrimonio Arqueológico y Paleontológico de la Cuenca Superior del Río Luján: Investigación y Gestión*, Resolution CD N° 2830/16, Facultad de Filosofía y Letras, UBA. Thank you to José Luis Lanata, Sonia Lanzelotti, Gabriel Acuña Surez and Nadia Moschen for their critical reading and/or collaboration and Milagros Sicca for reviewing the English version of the manuscript. Thank you to the Museo de La Plata and especially to the curator Ana Igareta for allowing access to the collection. I am particularly thankful to two anonymous reviewers, whose comments and suggestions gave new ideas that were really useful for improving the text and figures.

REFERENCES

1. Grayson, D. K., *The Establishment of Human Antiquity*, Academic Press, New York (1983).
2. Goodrum, M. R., 'The history of human origins research and its place in the history of science: research problems and historiography', *History of Science* **47**(3) (2009) 337-357, <https://doi.org/10.1177/007327530904700305>.
3. Podgorny, I., *El Sendero del Tiempo y de las Causas Accidentales. Los Espacios de la Prehistoria en la Argentina, 1850-1910*, Prohistoria ediciones, Rosario (2009).
4. Sackett, J., 'Boucher de Perthes and the discovery of human antiquity', *Bulletin of the History of Archaeology* **24** (2014) art. 2, <https://doi.org/10.5334/bha.242>.
5. Monjeau, J. A.; Araujo, B.; Abramson, G.; Kuperman, M. N.; Laguna, M. F.; Lanata, J. L., 'The controversy space on Quaternary megafaunal extinctions', *Quaternary International* **431** (2017) 194-204, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.022>.
6. O'Connor, A., 'Brixham cave & the antiquity of man: reassessing the archaeological & historical significance of a British cave site', *Lithics* **21** (2000) 20-28.
7. Podgorny, I., 'Bones and Devices in the Constitution of Paleontology in Argentina at the End of the Nineteenth Century', *Science in Context* **18** (2005) 249-283, <https://doi.org/10.1017/S0269889705000475>.
8. Meltzer, D. J., 'The antiquity of man and the development of American archaeology', in *Advances in Archaeological Method and Theory*, ed. M. B. Schiffer, vol. 6, Academic Press, New York (1983) 1-51, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-003106-1.50006-7>.
9. Pilo, L. B.; Auler, A. S.; Neves, W. A.; Wang, X.; Cheng, H.; Edwards, R. L., 'Revisitando a Lapa do Sumidouro: marco paleoantropológico do Quaternário americano', *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(3) (2004) 337-348.
10. Floria, P. N.; Salgado, L.; Azar, P., 'La invención de los ancestros: el «patagón antiguo» y la construcción discursiva de un pasado nacional remoto para la Argentina (1870-1915)', *Revista de Indias* **64**(231) (2004) 405-424, <https://doi.org/10.3989/revindias.2004.i231.546>.
11. Ameghino, F., *La Antigüedad del Hombre en el Plata*, 2 vols., Masson-Igon Hermanos, Paris-Buenos Aires (1880-1881).
12. Lanzelotti, S. L.; Acuña Suarez, G. E., 'Actividad docente e investigaciones arqueológicas de Florentino Ameghino en Mercedes', in *Florentino Ameghino en Mercedes: Homenaje en el Centenario de su Fallecimiento*, ed. S. L. Lanzelotti & G. E. Acuña Suarez, Museo Municipal de Ciencias Naturales 'Carlos Ameghino', Mercedes (2014) 111-130.
13. Toledo, M. J., 'Ameghino en contexto. Nuevos datos históricos y revisión geoarqueológica del sitio Arroyo Frías (1870-1874): Mercedes, provincia de Buenos Aires, Argentina', *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* **18**(2) (2016) 147-187, <https://doi.org/10.22179/REVMACN.18.460>.
14. Lanzelotti, S. L., 'Arqueología del partido de Mercedes y sus alrededores'. Proyecto, Dirección Provincial de Patrimonio Cultural de la provincia de Buenos Aires, 2008-3-A-151-1 (2008).
15. Hrdlička, A., *Early Man in South America*, Smithsonian Institution, Bureau of American Ethnology, Washington, D.C. (1912).
16. Podgorny, I.; Politis, G. G., 'It is not all roses here: Ales Hrdlička's travelog and his visit to Buenos Aires in 1910', *Nova Revista de História da Arte e Arqueologia* **3** (2000) 95-105.
17. Politis, G. G.; Bonomo, M., 'Nuevos datos sobre el 'hombre fósil' de Ameghino', in *Vida y Obra de Florentino Ameghino, Publicación especial*, ed. J. C. Fernicola, A. R. Prieto & D. G. Lazo, vol. 12, Asociación Paleontológica Argentina, Buenos Aires (2011) 101-119.
18. Podgorny, I., 'Human origins in the New World? Florentino Ameghino and the emergence of prehistoric archaeology in the Americas (1875-1912)', *PaleoAmerica* **1**(1) (2015) 68-80, <https://doi.org/10.1179/2055556314Z.0000000008>.

19. Mengoni Goñalons, G. L., 'Archaeofaunal studies in Argentina: a historical overview', in *Taphonomy and Zooarchaeology in Argentina*, ed. M. A. Gutiérrez, G. Barrientos, G. L. Mengoni Goñalons, L. Miotti. & M. Salemme, BAR International, Oxford (2007) 13-34.
20. Chichkoyan, K. V.; Martínez-Navarro, B.; Moigne, A. M.; Belinchón, M.; Lanata, J. L., 'The exploitation of megafauna during the earliest peopling of the Americas: An examination of nineteenth-century fossil collections', *Comptes Rendus Palevol* **16**(4) (2017) 440-451, <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2016.11.003>.
21. Lyman, R. L., *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press, Cambridge (1994).
22. Yravedra, J., *Tafonomía aplicada a Zooarqueología*, UNED, Madrid (2013).
23. Allmon, W. D., 'Collections in paleontology', in *Paleontology in the 21st Century Workshop: International Senckenberg Conference*, ed. H. R. Lane, J. Lipps, F. F. Steininger & W. Ziegler, Kramer, Frankfurt (1997) 155-159.
24. Pérez de Micou, C., 'Las colecciones arqueológicas y la investigación', *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* **8** (1998) 223-233, <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1998.109543>.
25. Bonomo, M.; Capdepon, I.; Matarrese, A., 'Alcances en el estudio de colecciones. Los materiales arqueológicos del Delta del Río Paraná depositados en el Museo de La Plata (Argentina)', *Revista de Arqueología Sudamericana* **5** (2009) 68-101.
26. Cristín, A.; Perrilliat, M. D. C., 'Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico', *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **63**(3) (2011) 421-427, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222011000300004&lng=es&nrm=iso (accessed 2019-5-20).
27. Huster, A. C., 'Assesing Systematic bias in Museum Collections. A case study of Spindle Whorls', *Advances in Archaeological Practice: A Journal of the Society for American Archaeology* **1**(2) (2013) 77-90, <https://doi.org/10.7183/2326-3768.1.2.77>.
28. Martin, F., M., 'Cueva del Milodón. The hunting grounds of the Patagonian panther'. *Quaternary International* **466**(B) (2018) 212-222, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.05.005>.
29. Cadee, G. C., 'The history of taphonomy', in *The Processes of Fossilization*, ed. S. K. Donovan, Columbia University Press, New York (1991) 3-21.
30. Sholts, S. B.; Bell, J. A.; Rick, T. C., 'Ecce Homo: science and society need anthropological collections', *Trends in ecology & Evolution* **31**(8) (2016) 580-583, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.05.002>.
31. Catalá Gorgues, J. I., '¿Absolutamente sin cuidado?: Juan Vilanova y la polémica sobre el Hombre terciario', *Asclepio* **63**(2) (2011) 379-404, <https://doi.org/10.3989/asclepio.2011.v63.i2.498>.
32. Salgado, L.; Azar, P. E., 'Nuestro lugar entre los primates. Un resumen de las principales ideas de Florentino Ameghino sobre la evolución humana', *Saber y Tiempo* **15**(2003) 05-18.
33. Pomi, L. H.; Tonni, E. P. 'La utilización temprana de herramientas tafonómicas: Leonardo Da Vinci y Florentino Ameghino', *Serie Correlación Geológica* **24** (2008) 55-62, http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-94792008000200006&lng=es&nrm=iso (accessed 2019-5-20).
34. Fisher, J. W. Jr., 'Bone surface modifications in zooarchaeology', *Journal of Archaeological Method and Theory* **2**(1) (1995) 7-68, <https://doi.org/10.1007/BF02228434>.
35. Fernández-Jalvo, Y.; Andrews P., *Atlas of Taphonomic Identifications. 1001+ Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification*, Springer Publishers, Dordrecht (2016).
36. Farro, M. E., 'Historia de las colecciones en el Museo de La Plata, 1884-1906: naturalistas viajeros, coleccionistas y comerciantes de objetos de historia natural a fines del Siglo XIX', PhD thesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata (2008).
37. Alexander, E. P.; Alexander, M.; Decker, J., *Museums in Motion: An Introduction to the History and Functions of Museums*, 3rd ed., Rowman & Littlefield, Maryland (2017).
38. Le Cabec, A.; Toussaint, M., 'Impacts of curatorial and research practices on the preservation of fossil hominid remains', *Journal of Anthropological Sciences* **95** (2017), 7-34, <https://doi.org/10.4436/JASS.95002>.
39. Suarez, A. V.; Tsutsui, N. D., 'The value of museum collections for research and society', *BioScience* **54**(1) (2004) 66-74, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0066:TVOMCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0066:TVOMCF]2.0.CO;2).
40. Genizo, M. M.; Soibelzon, E.; Tonni, E. P., 'Protección de costas y pérdida del patrimonio paleontológico: el caso de Punta Hermengo (Miramar, provincia de Buenos Aires)', *Revista del Museo de La Plata, Sección Paleontología* **11**(63) (2011) 1-16, <https://publicaciones.fcnym.unlp.edu.ar/rmlp/article/view/2188> (accessed 2019-5-20).
41. Collazo, J., 'Avances de la puesta en valor de las colecciones del depósito 25 del Museo de La Plata. A casi 4 años de trabajo ininterrumpido', in *I Congreso Latinoamericano y II Congreso Nacional de Museos Universitarios*, La Plata (2013) 1-12, <http://hdl.handle.net/10915/42463>.
42. Lehmann-Nitsche, R. 'Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine' *Revista del Museo de La Plata* **14** (1907) 143-488.
43. Buc, N.; Loponte, D., 'Bone tools reflecting animal exploitation. The case of *Lama guanicoe* in the lower Paraná basin', *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Series Especiales* **3**(2) (2016) 23-53, <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cinapl-se/article/view/10058/9083>.

RECEIVED: 2018.6.18

REVISED: 2019.3.31

ACCEPTED: 2019.4.22

ONLINE: 2019.6.5



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

Qual a origem do filme negro da escultura “Morte de Cleópatra”?

What is the origin of the black film in the sculpture “Death of Cleopatra”?

PEDRO AZEVEDO^{1,*}

MARIA FILOMENA

MACEDO^{1,2} 

AMÉLIA DIONÍSIO³ 

1. Departamento de Conservação e Restauro, Fac. de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal

2. VICARTE, Unidade de investigação Vidro e Cerâmica para as Artes, Fac. de Ciências e Tecnologia U. Nova de Lisboa, Camp.da Caparica, 2829-529 Caparica, Portugal

3. CERENA, Centro de Recursos Naturais e Ambiente, Instituto Superior Técnico, U. de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

* pedrozenesis@gmail.com

Resumo

Este trabalho surge da necessidade de identificar um filme negro que cobre grande parte da escultura *Morte de Cleópatra*, desfigurando-a. Esta obra, esculpida em mármore de Carrara, pertence ao Jardim Botânico Tropical, em Lisboa. Efetuaram-se operações *in situ* envolvendo medições colorimétricas, testes de adesão e mapeamento das formas de degradação. O filme negro foi igualmente amostrado e observado a nível macro e microscópico. Realizaram-se ainda amostragens nas zonas negras presentes nas espécies botânicas que envolvem a escultura. As amostras individuais do filme negro foram analisadas por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier. Os resultados obtidos mostram que as amostras coligidas possuem sacarídeos, como a sucrose, encontrados em exemplares de melada (*honeydew*). Propõe-se que o filme negro seja devido à formação de fumagina (*sooty mould*). Este filme negro é responsável por danos estéticos, bem como por processos de corrosão da pedra, como foi observado por microscopia eletrónica de varrimento.

PALAVRAS-CHAVE

Morte de Cleópatra
Mármore de Carrara
Filme negro
Fumagina
Biocorrosão

Abstract

This work arises from the need to identify the origin of a black film which is currently covering a large area of the sculpture *Death of Cleopatra*, promoting its disfiguration. This piece, sculpted in Carrara marble, belongs to Tropical Botanic Garden, in Lisbon. *In situ* works involved colorimetric measurements, adhesion tests and mapping of decay patterns. Samples of the black film were taken from the sculpture and also from black areas present in botanic species surrounding the sculpture, which were observed macro and microscopically. Individual samples of the black film were analysed by Fourier-transform infrared spectroscopy. The results obtained show the collected samples possess saccharides such as sucrose, found in honeydew exemplars. Therefore, it is proposed that black film formation is due to sooty mould. This black film is responsible for aesthetic damage, as well as stone corrosion processes, which was observed by scanning electron microscopy.

KEYWORDS

Death of Cleopatra
Carrara marble
Black film
Sooty Mould
Biocorrosion

Introdução

A escultura *Morte de Cleópatra* elaborada por Giuseppe Mazzuoli em 1717 [1] é uma peça pétrea decorativa de exterior, de grande importância artística, localizada no Jardim Botânico Tropical (JBT), em Lisboa. No mesmo jardim existe uma outra peça escultórica, a *Cáritas Romana*, que apresenta uma história comum à da *Morte de Cleópatra*. As duas peças foram esculpidas em Itália, em mármore de Carrara, e chegaram ao espaço atual (hoje JBT) na mesma época (cerca de 1737) [1-4] (Figura 1). Ambas as esculturas apresentavam, em 2007, estado de conservação similar como resultado de uma intervenção de limpeza levada a cabo nesse ano (Figura 1). A Figura 2 permite observar o estado das esculturas após essa intervenção [4-6].

No entanto, uma década após essa intervenção, verificou-se que a escultura *Morte de Cleópatra* (Figura 1a) apresentava-se com fenómenos de degradação relevantes, nomeadamente o desenvolvimento de um extenso filme negro. Note-se que esta forma de degradação não ocorre na *Cáritas Romana* (Figura 3).

A escultura *Morte de Cleópatra* localiza-se numa zona não integrada no percurso visitável do JBT (Figura 4), por oposição à *Cáritas Romana* que se encontra numa zona visitável e de pouco arvoredo. A *Morte de Cleópatra* encontra-se rodeada, a sul e oeste, por duas espécies botânicas de diferente porte e copa (Figura 4): o bambu vulgar (*Bambusa vulgaris*) e vinhático-das-ilhas (*Persea indica*). A este e norte há um espaço amplo reservado, de entrada e saída aos funcionários do jardim (Figura 4).

Observou-se igualmente que algumas das folhas das espécies anteriormente mencionadas (bambu vulgar e vinhático-das-ilhas), envoltentes da *Morte de Cleópatra*, possuíam também zonas com um filme negro semelhante ao encontrado na escultura (Figura 5).

Refira-se que, de acordo com a definição proposta pelo ICOMOS-ISC, um filme negro é uma “camada artificial muito fina, geralmente de natureza orgânica e homogénea, que reveste a superfície da pedra. Um filme pode ser opaco ou translúcido” [7]. Neste caso o filme negro é opaco e será esta a definição adotada ao longo deste trabalho.

O presente trabalho tem como propósito responder à questão de qual a origem do filme negro generalizado que se observa atualmente na *Morte de Cleópatra* (Figuras 1a).

Materiais e métodos

Mapeamento e extensão do filme negro

O mapeamento do filme negro constitui um procedimento de diagnóstico de registo visual necessário, pois estabelece um ponto de referência relativo à extensão daquele na escultura num dado período temporal. Procurou-se igualmente estimar a área ocupada por esta forma de degradação, tendo sido para o efeito efetuado o levantamento fotográfico da

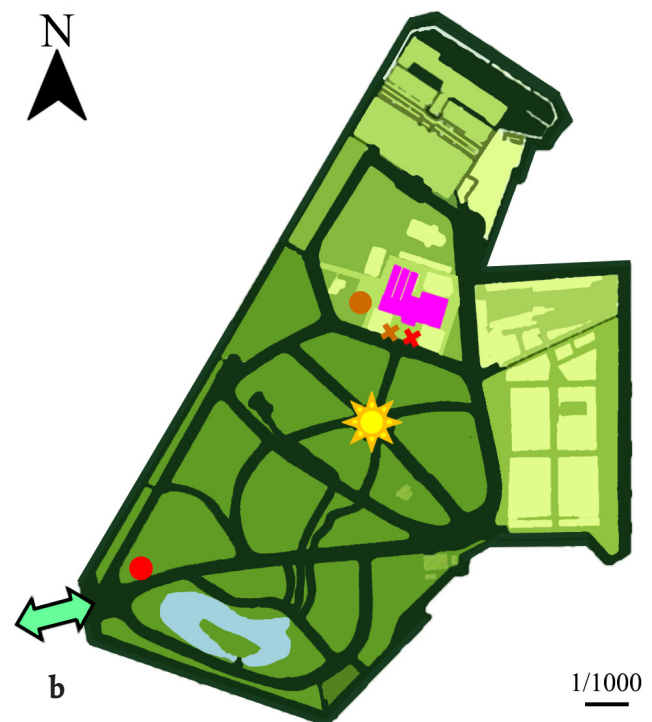


Figura 1. a) *Morte de Cleópatra*, localizada no JBT (foto tirada a 16 de janeiro de 2018). b) Mapa do JBT à escala 1/1000 [5], onde se destacam o percurso visitável (verde escuro), entrada e saída (↔) e as localizações da estufa (rosa), do relógio de Sol (☼) e das esculturas *Morte de Cleópatra* (laranja) e *Cáritas Romana* (vermelho) em 1935 (×) e na atualidade (•).

escultura e utilizado o programa de processamento e análise de imagens digitais ImageJ como ferramenta para essa estimativa.

Caracterização colorimétrica do filme negro

A quantificação colorimétrica do filme negro (e do substrato pétreo) foi obtida usando as coordenadas cromáticas no sistema colorimétrico de referência CIELAB 1976 [8], ou seja, as coordenadas L^* , a^* e b^* . Para a quantificação da cor utilizou-se um equipamento portátil Minolta modelo CM-580i que possui um sistema de iluminação difusa e um ângulo de observação de 8° sobre a normal às amostras em estudo (geometria d/8). O diâmetro de medição é de aproximadamente 8 mm (um valor adequado para a medição colorimétrica quer em rochas monocromáticas quer policromáticas). Para as medições efetuadas foram utilizados o observador normalizado CIE 2° e o iluminante D_{65} (que representa a luz média diurna incluindo a radiação ultravioleta com temperatura de cor de 6504 K).

Foram consideradas três áreas (10 cm × 10 cm) representativas do filme negro ocorrente na escultura, nas quais realizaram-se seis medições de cor. Cada medição correspondeu à média de três leituras. Procurou-se igualmente que as localizações das três áreas tivessem diferentes exposições ambientais: frente (NE), lateral direita da figura (SE) e verso do trono (SW). Nestas janelas de ensaio efetuaram-se periodicamente medições colorimétricas, assim como registo fotográfico (câmara ASUS versão 2.0.66.0_160616). Efetuaram-se igualmente medições em duas áreas com tonalidade próxima da rocha original (mármore branco de Carrara) que foram consideradas como referência. A Comissão Internacional da Iluminação (CIE) estabeleceu padrões que permitem definir uma cor independentemente dos dispositivos utilizados. Estes valores permitiram a determinação da diferença de cor total (ΔE^*) induzida pelo filme negro. Foi utilizada a expressão proposta por [8], apresentada na equação seguinte, onde as coordenadas L^* indicam a luminosidade e a^* e b^* a tonalidade e a saturação:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Caracterização da aderência do filme negro

Para estimar o grau de aderência e conseqüente facilidade da remoção do filme negro da superfície da escultura aplicaram-se tiras de fita adesiva transparente Scotch Crystal Clear Tape, de comprimento aproximado de 5 cm, em cinco áreas da escultura, e avaliou-se a quantidade de material negro aderido. Em cada área escolhida foram aplicadas sucessivamente cinco tiras de fita adesiva. Tanto quanto foi possível investigar, não existe nenhum método padronizado para avaliação da aderência deste género de filme ao suporte pétreo. Deste modo, adaptou-se o procedimento



Figura 2. Resultado final da operação de limpeza efetuada em 2007: a) *Morte de Cleópatra* [4]; b) *Cáritas Romana* [5].



Figura 3. *Cáritas Romana*, localizada no JBT (fotografia de 12 de janeiro de 2018).

proposto por Drdácý *et al.* [9], desenvolvido especialmente para avaliação da coesão superficial dos materiais pétreos.

Microamostragem do filme negro

Foram coligidas *in situ*, por raspagem, 20 microamostras do filme negro em diferentes alçados e cotas da escultura. A raspagem foi feita usando bisturis esterilizados, tendo as amostras sido acondicionadas em tubos de ensaio do tipo eppendorf (igualmente esterilizados) e claramente identificadas. De igual modo, foram recolhidas seis microamostras de filme negro nas folhas das espécies biológicas (no bambu vulgar e no vinhático-das-ilhas), em condições idênticas às acima referidas.

Na Figura 6 registam-se as zonas da escultura onde foram efetuadas microamostragens para a análise das seguintes técnicas analíticas: microscopia ótica (MO), microscopia eletrónica de varrimento associada a espectrometria de raios X dispersiva de energia (SEM-EDS) e espetroscopia de infravermelho com transformada de Fourier por refletância total de atenuada (FTIR-ATR).



Figura 4. *Morte de Cleópatra*, rodeada do bambu vulgar (seta azul) e vinhático-das-ilhas (seta laranja).

Análise do filme negro por MO

As amostras, recolhidas ainda frescas, foram montadas em lâminas de microscópio para uma primeira observação, tendo-se procedido à sua cultura usando meio de cultura orgânico, *Potato Dextrose Agar* (PDA), e crescimento durante 3 semanas, a 24°C. As espécies que se desenvolveram foram observadas por MO (microscópio ótico Zeiss, modelo Axio). Para a identificação destas microculturas recorreu-se à bibliografia especializada de fungos [10].

Análise do filme negro por SEM-EDS

As amostras dos filmes negros, provenientes da escultura, vinhático-das-ilhas e bambu vulgar, foram também observadas por SEM-EDS. Para o efeito houve a necessidade de as amostras serem previamente revestidas com um filme condutor ultrafino de liga de ouro e paládio (Au-Pd) e serem secas em vácuo, a temperatura ambiente, para posterior análise. Foi utilizado, no Instituto Superior Técnico, um microscópio eletrónico de varrimento Hitachi S-2400 SEM (Microlab, IST-UL) com um espectrómetro de raios X dispersivo de energia Nano GmbH Bruker Quantax e detetores elementares de luz (XFlash 5010). As medições foram realizadas com uma tensão de aceleração de 10 kV, resolução de 1 a 10 µm e ampliações de 170 a 6000×.

Análise do filme negro por FTIR-ATR

Em paralelo, para se determinar os constituintes das amostras e identificar o filme negro presente na escultura e nas espécies botânicas, recorreu-se igualmente à técnica FTIR-ATR. As amostras foram analisadas no Instituto Superior Técnico utilizando um espectrómetro Nicolet Magna FTIR 550 (IST-UL) com uma unidade de refletância Smart Miracle TM-Pike Technologies com uma célula de cristal de ZnSe. A aquisição foi realizada entre 4000 e 500 cm⁻¹, com uma resolução de 4 cm⁻¹.

Qual a origem do filme negro da escultura “Morte de Cleópatra”?



Figura 5. Filme negro na superfície de folhas: a) vinhático-das-ilhas; b) bambu vulgar.

Resultados e discussão

Mapeamento e extensão do filme negro

O filme negro cobre, como referido anteriormente, a maioria da superfície do mármore da escultura, especialmente na parte frontal da figura da Cleópatra e nos versos superiores da Aia e do trono (Figuras 3a e 6).

Apresenta-se na Tabela 1 a estimativa da área ocupada pelo filme negro. Da análise dos resultados verifica-se que este filme ocupa aproximadamente 76% da área da escultura, com valores mais significativos de 90% e 96%, nas faces voltadas a sudoeste e noroeste, respetivamente.

Caracterização colorimétrica do filme negro

Em termos colorimétricos, o filme negro caracteriza-se por

Tabela 1. Percentagens estimadas das áreas ocupadas, em toda a escultura, pelo filme negro e área com mármore visível em cada face da *Morte de Cleópatra*, de acordo com a ferramenta de processamento e análise de imagens digitais ImageJ.

Face da escultura	Área (%)	
	Filme negro	Mármore visível
Frente (NE)	58 ± 1,4	42 ± 0,1
Esquerda (NW)	96 ± 1,7	4 ± 0,5
Direita (SE)	58 ± 0,5	42 ± 0,5
Verso (SW)	90 ± 0,3	10 ± 0,2
Média	76 ± 23	24 ± 23

Tabela 2. Valores médios, desvio-padrão, mínimo e máximo das coordenadas colorimétricas registadas nas superfícies do mármore e do filme negro.

	Superfícies da escultura com o mármore à vista			Superfícies do filme negro		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Média	78,39	0,23	6,51	32,04	1,79	8,08
Desvio-padrão	5,27	0,09	1,59	4,98	0,98	6,40
Mínimo	73,61	0,10	5,10	21,70	0,83	1,17
Máximo	85,00	0,36	9,11	43,73	11,02	19,55

valores baixos da componente L^* (média: 32,04 ± 4,98), identificando um padrão colorimétrico de tonalidade escura que varia entre um máximo de 43,73 e um mínimo de 30,51 (Tabela 2). Trata-se de um filme que promove forte contraste colorimétrico com a pedra usada nesta escultura, o mármore de Carrara [5]. Os valores de a^* e b^* são mais diversificados ($a^* = 0,23 \pm 0,09$, máximo de 0,36 e mínimo de 0,10; $b^* = 6,51 \pm 1,59$, máximo de 9,11 e mínimo de 5,10). De facto, as medições efetuadas nas áreas mais próximas da coloração do mármore sem filme negro evidenciam coordenadas de luminosidade elevadas como se pode ver pelo valor de L^* (78,39 ± 5,27) (Tabela 2).

A diferença de cor total registada entre a superfície do mármore e do filme negro foi de 46,4 unidades (ΔE^*), que é um valor substancialmente mais elevado do que o considerado para o limiar da perceção humana ($5 < \Delta E^*$) [8], o que causa necessariamente danos estéticos.

Caracterização da aderência do filme negro















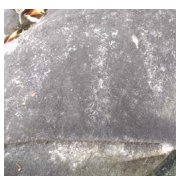

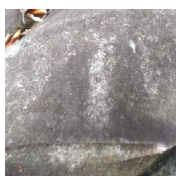







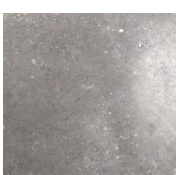


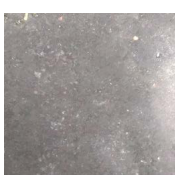

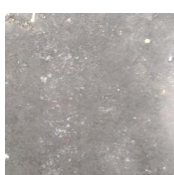
A realização do teste de aderência permitiu verificar que as fitas adesivas conseguiram retirar porções não significativas e não uniformes do filme negro da escultura (Tabela 3 e Figura 6). A tonalidade negra da superfície pétrea não foi significativamente alterada, comprovando-se assim que este filme possui elevada aderência à pedra. Acresce que, de acordo com a observação macroscópica do aspeto visual das superfícies antes e após a remoção da fita, a espessura deste filme não é uniforme (Tabela 3).



Figura 6. Mapeamento da forma de degradação do filme negro (vermelho) ocorrente nas faces da escultura: a) nordeste (NE); b) sudeste (SE); c) sudoeste (SW); d) noroeste (NW) (barra da escala: 5 cm).

Qual a origem do filme negro da escultura “Morte de Cleópatra”?

Tabela 3. Sequência de fotografias da superfície da escultura *Morte de Cleópatra* antes e após aplicação da fita adesiva Crystal.

	Antes da aplicação da fita adesiva	Aplicação da fita adesiva				
		1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a
Traje da aia, a SE						
Braço esquerdo de Cleópatra, a NE						
Coxa esquerda de Cleópatra, a NE						
Chão junto ao pé da aia, a SE						
Chão junto ao pé de Cleópatra, a NE						

Microamostragem do filme negro

A remoção por raspagem de amostras do filme negro da escultura e o vinhático-das-ilhas foi fácil. Já nas folhas do bambu a remoção foi mais difícil. Acresce que, após soltas da superfície da escultura, as amostras de filme não registaram sinais de aderência ao bisturi e foram por isso de fácil separação. Refira-se que nos locais onde se removeram as amostras ficaram ainda vestígios de filme negro na superfície do mármore.

Análise do filme negro por MO

Após a observação macroscópica do filme negro e com o auxílio do microscópio ótico, verificou-se que o mesmo era maioritariamente constituído por fungos, além de uma substância negra desconhecida.

As microculturas da zona negra da escultura revelaram desenvolvimento em cultura, tendo sido posteriormente isolados os espécimes conforme a sua cor e aspeto.

Após o crescimento em PDA isolaram-se dois

microrganismos (um com esporos de cor negra e outro de cor amarela) para a observação por MO. Usando o corante rosa de lactofucsina, verificou-se que ambos os fungos pertencem ao género *Mucor* [11], nomeadamente às espécies *Mucor plumbeus* (que exibia uma cor preta em cultura) (Figuras 7a-c) e *Mucor hiemalis* (que exibia uma cor amarela em cultura) (Figura 7d). As amostras de filme negro isoladas das folhas não cresceram em laboratório possivelmente por a quantidade de amostra ser muito pequena e se encontrar demasiadamente aderida às folhas.

Análise do filme negro por SEM-EDS

Amostra do filme negro retirado do bambu comum

Nas imagens de SEM-EDS observaram-se vários empacotamentos fortemente interligados e em grande abundância de conídios fúngicos, o que dificultou a identificação das espécies (Figura 8a). Observou-se, no entanto, a presença de *Penicillium* sp. [11] (Figura 8b), que não foi detetado nos isolamentos efetuados no meio de cultura PDA, provavel-

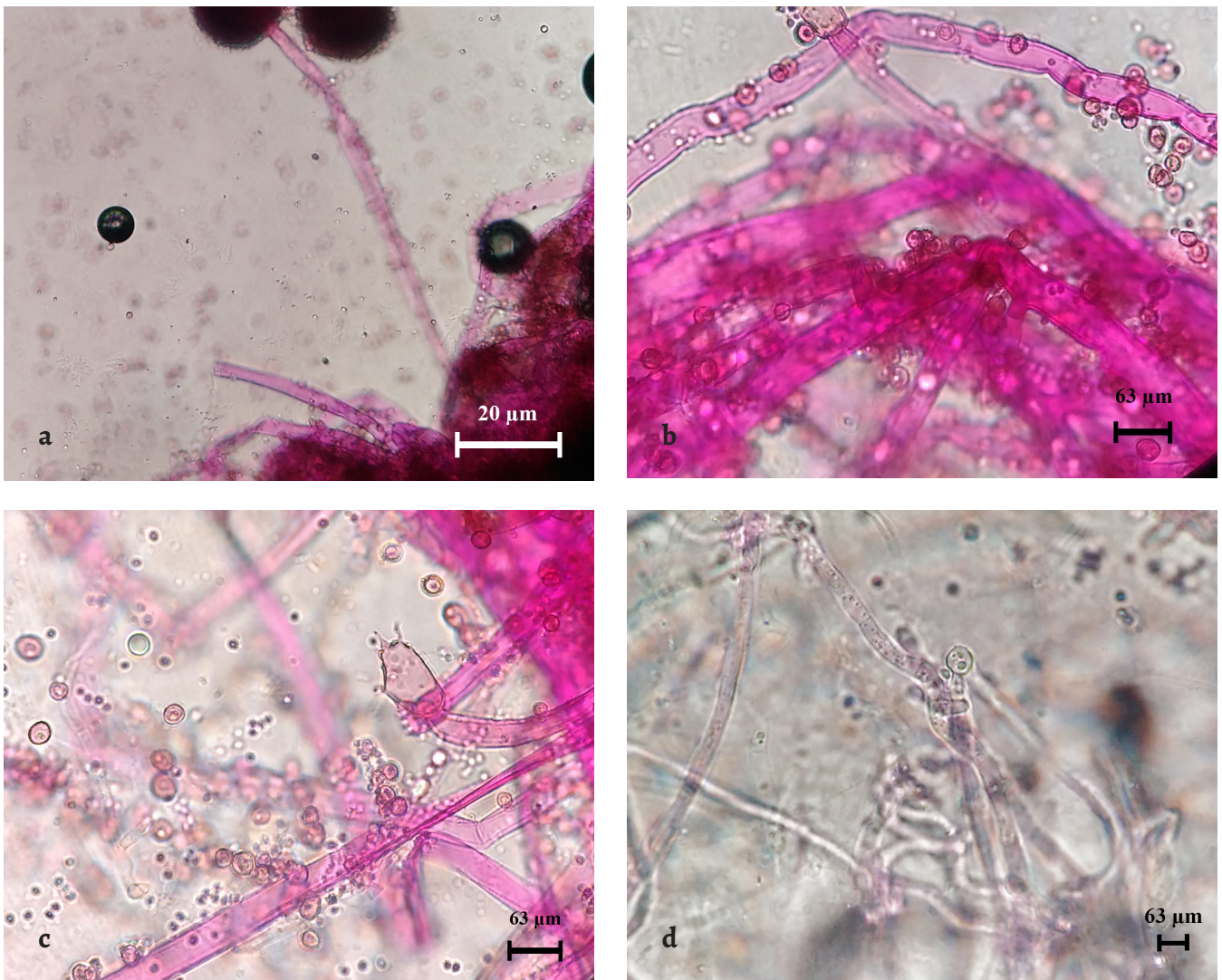


Figura 7. Imagens obtidas por MO de *Mucor plumbeus* (a-c) e *Mucor hiemalis* (d).

mente porque o género *Mucor* cresceu mais rapidamente. O *Penicillium* sp é um dos espécimes de fungos contaminantes mais comuns do ar e dos substratos pétreos [11].

Em algumas áreas de EPS (*Extra Polymeric Substances*) empacotadas, identificou-se também a presença de dois outros elementos orgânicos: algumas algas [12], que parecem tomar uma forma de coral, e alguns esporos presos ao filme fúngico (Figuras 8c-f).

Amostra do filme negro retirado do vinhático-das-ilhas

Na observação por SEM-EDS do filme negro que cobre o vinhático-das-ilhas verificou-se que o tipo de conídios (e seu empacotamento) é semelhante ao observado no filme negro desenvolvido sobre o bambu comum (Figuras 8a, 8d, 8e, 9a, 9c e 9d – note-se a diferença de escala).

À semelhança do registado na literatura [12, 13], no caso de estudo observa-se um desenvolvimento, em grande quantidade, dos conídios tálco-artirico [11] (Figuras 9a-b) ao longo da superfície fúngica, identificados pela forma semioval bem delineada nas paredes.

Tal como no caso do filme negro desenvolvido no bambu comum, nesta amostra observou-se um empacotamento de

EPS, não identificável, com estruturas reprodutoras (Figura 9c). Porém, notou-se neste caso que o biofilme se apresentava mais seco e ligado entre si e algumas algas esmagadas [12] (Figura 9d).

Amostra do filme negro retirado da escultura

Da observação por SEM-EDS do filme negro retirado da escultura, através de microamostragem com bisturi, verificou-se uma maior quantidade de EPS empacotadas com estruturas reprodutoras de mais difícil observação do que nas amostras dos filmes negros retirados das espécies biológicas (Figuras 8a, 9c e 10b). Os conídios observados nesta amostra (Figura 10a) são, no entanto, semelhantes aos observados no filme negro do vinhático-das-ilhas, ainda que com menor desenvolvimento (Figura 9a).

Em comparação às outras amostras, e devido ao facto do filme negro ter sido recolhido de um substrato pétreo, observou-se alguns grãos de calcite com textura irregular, semelhante a um padrão de dissolução diferencial dos grãos minerais (Figuras 10c, d, g), que permite colocar a hipótese de um possível ataque bioquímico à pedra da escultura promovido pelo filme negro. De facto, a análise por SEM-EDS

Qual a origem do filme negro da escultura “Morte de Cleópatra”?

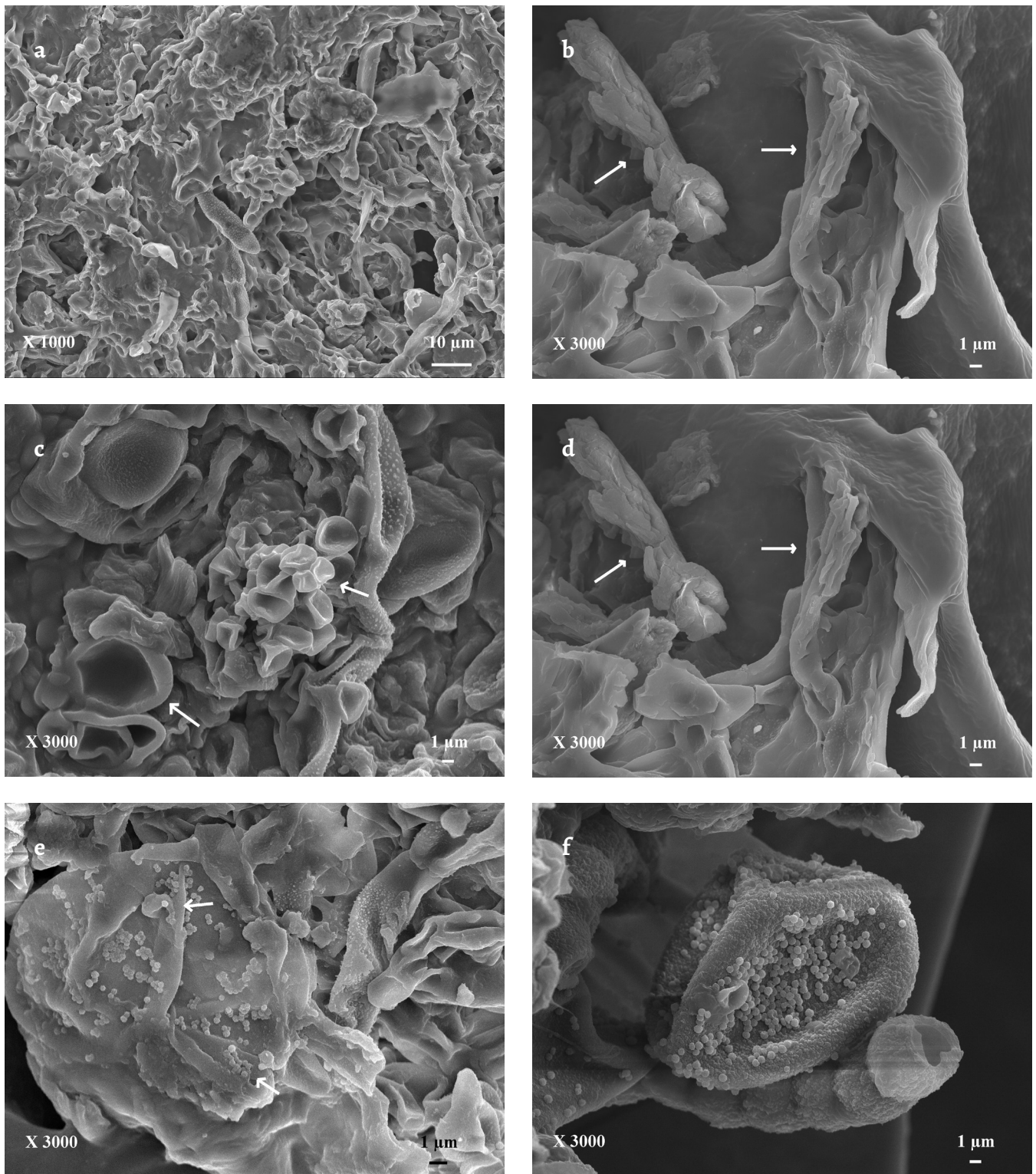


Figura 8. Imagens obtidas por SEM-EDS da amostra do filme negro desenvolvido sobre a folha do bambu: a) EPS do filme fúngico e algal achatado e não uniforme; b) presença de *Penicillium* sp. (setas); c) algas compactas (setas); d) biofilme achatado com estruturas reprodutoras; e) biofilme fúngico com esporos na superfície (setas); f) biofilme com esporos pequenos na superfície e possível conídio.

de amostras de pedra da escultura não afetadas pelo desenvolvimento do filme negro, sugere que os grãos de calcite exibem as suas superfícies sem sinais de dissolução (Figuras 10h, i). Acresce que, para além dos grãos estarem rodeados por conídios e biofilme (Figuras 10c, d), em um dos casos observou-se um possível exemplar de uma zygomycota (com columela e esporangióforo) presa ao grão (Figura 10d).

Através desta técnica analítica foi possível observar estruturas indicadoras da ocorrência de um composto carboidrato associado a um açúcar (Figuras 10e, f). Neste panorama, encontram-se estruturas de forma circunferencial e com alguma parecença a *favos de cera*, porém irregulares (Figuras 10e, f). Após pesquisa bibliográfica, estas estruturas foram associadas a um carboidrato (possivelmente

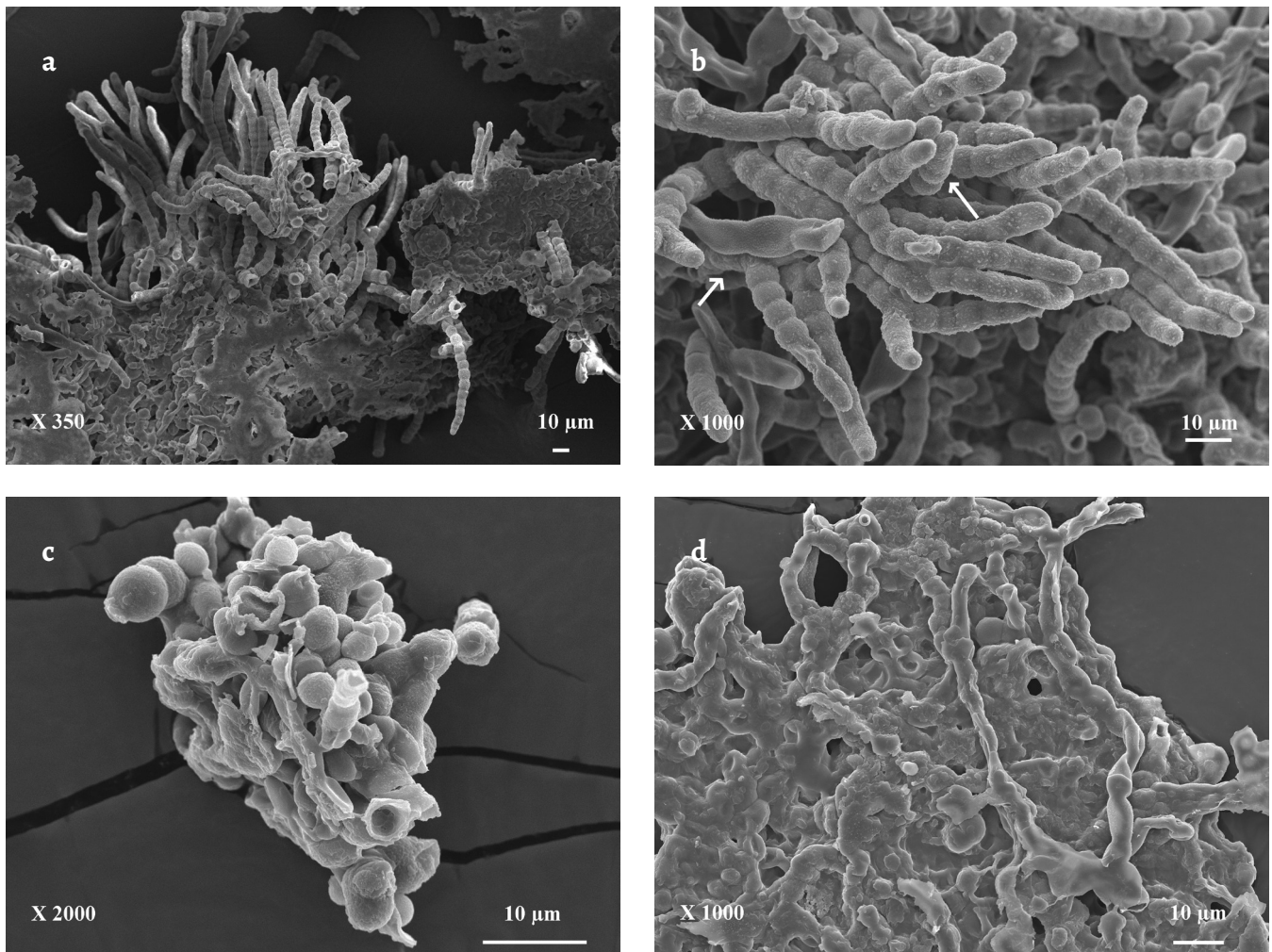


Figura 9. Imagens obtidas por SEM-EDS da amostra do vinhático-das-ilhas: *a)* conídios do filme negro destacados no empacotamento do biofilme; *b)* conídios do filme negro destacados da amostra, com acréscimos laterais nos conidióforos (setas); *c)* empacotamento do biofilme; *d)* empacotamento do biofilme negro.

sucrose) ou uma estrutura de cera, onde posteriormente houve desenvolvimento de fungos à volta da zona [14-16].

Análise do filme negro por FTIR-ATR

Apresenta-se nas Figuras 11 e 12 os espectros obtidos por FTIR-ATR para as amostras de filmes negros coligidos das espécies botânicas e da escultura. Em termos gerais, verifica-se que os espectros são muito semelhantes, ou seja, as bandas de absorvância correspondem aos mesmos números de onda e com a mesma intensidade. No que se refere às bandas, destaca-se na Figura 11 e 12:

i) As bandas a $3600-2800\text{ cm}^{-1}$, associadas a água e grupos hidroxilos ($\nu\text{ O-H}$) [14, 17]. A amostra do filme negro da escultura distingue-se pela maior absorvância entre $3600-3000\text{ cm}^{-1}$, o que poderá estar associado a uma maior retenção de humidade por parte do filme desenvolvido sobre o substrato pétreo devido ao facto de na semana de coleta de material ter chovido.

ii) Na mesma região de número de onda anterior, há duas bandas estreitas de baixa absorvância entre 2950 e 2810 cm^{-1} de grupos $\nu\text{ C-H}$, que poderão associar-se à

sacarose proveniente da fixação de um carboidrato, possivelmente sacarose [15].

iii) A região espectral 1800 a 500 cm^{-1} é onde se localizam as bandas características dos sacarídeos [14, 17-18] geralmente associados à sucrose e frutose: a $1800-1680\text{ cm}^{-1}$ o grupo $\nu\text{ C=O}$; a $1500-1340\text{ cm}^{-1}$ os grupos deformados de $\nu\text{ O-C-H}$ e C-O-H ; a $1340-1170\text{ cm}^{-1}$ os grupos deformados de $\Delta\text{ C-H}$ e O-H ; e a $1180-900\text{ cm}^{-1}$ os grupos $\nu\text{ C-C}$ e C-O .

iv) Apesar de haver uma identificação possível dos grupos funcionais na literatura, as bandas irregulares presentes entre 1500 e 1200 cm^{-1} poderão ser interpretadas como uma possível mistura de vários sacarídeos devido às baixas absorvâncias irregulares não identificáveis [14, 17-19].

v) Observaram-se ainda pequenas bandas a 1740 e 1720 cm^{-1} de um grupo carbonilo ($\nu\text{ C=O}$) e a $1680-1600\text{ cm}^{-1}$ de uma dupla ligação de carbono ($\nu\text{ C=C}$) associados a um éster de cera na amostra [14, 17]. Todavia, e face à pesquisa bibliográfica efetuada, não foi possível identificar o género de cera. No entanto, a cera ocorre não só no filme negro da escultura, mas também nas espécies botânicas. Este resultado está de acordo com as análises por SEM-EDS.

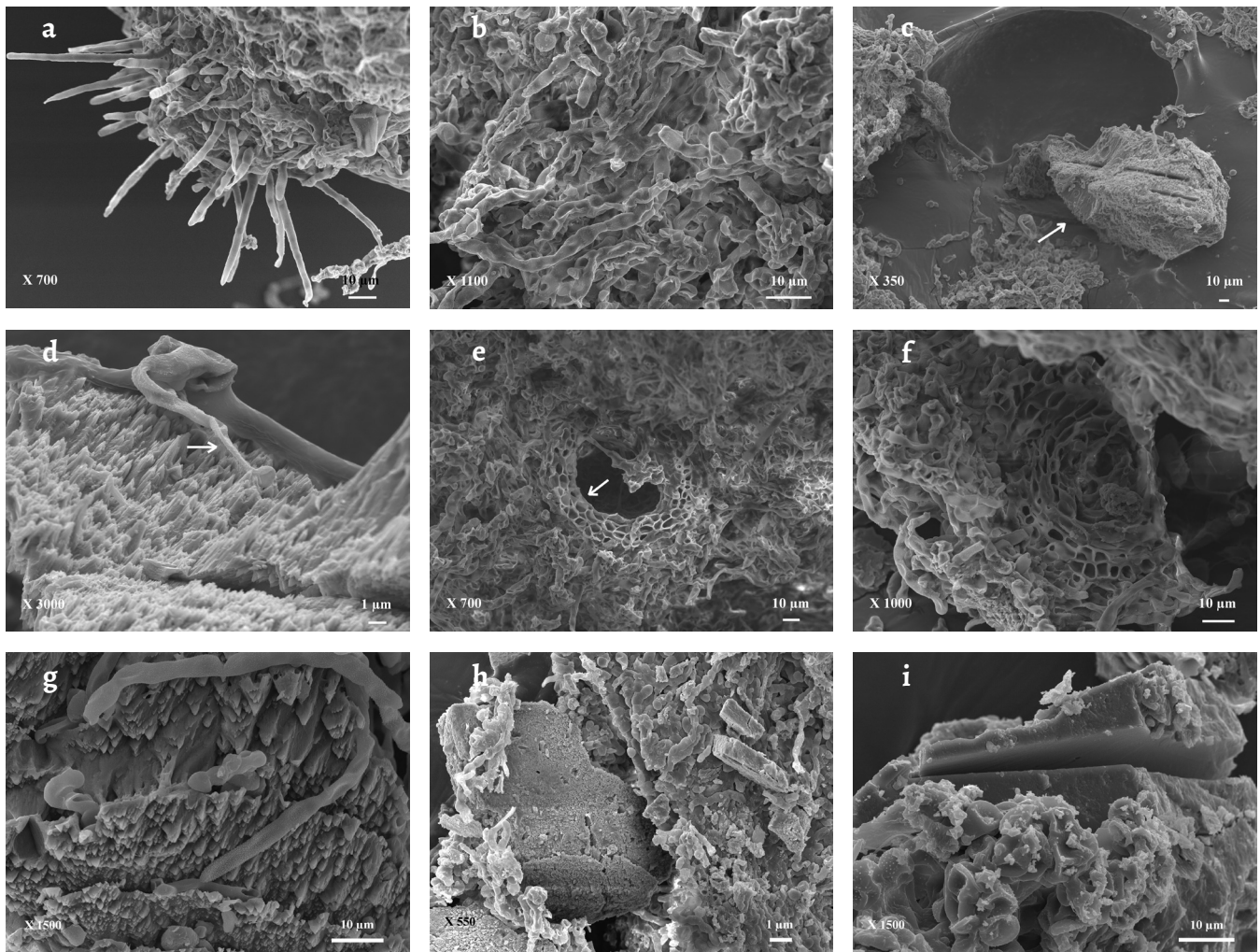


Figura 10. Imagens obtidas por SEM-EDS da amostra do filme negro desenvolvido sobre a escultura: *a)* destacamento dos conídios na amostra; *b)* empacotamento do biofilme do filme negro; *c)* empacotamentos do biofilme do filme negro a circundar um grão corroído de calcite (seta); *d)* ampliação da imagem *c)* mostrando uma columela e esporangióforo, presos a um outro grão corroído de calcite com o filme negro (seta); *e, f)* favos da sucrose ou cera em volta do biofilme do filme negro (seta); *g)* conídios biofilmicos do filme negro presos num grão corroído de calcite semelhantes aos da imagem *c)*; *h)* empacotamento biofilmico do filme negro com grãos e fragmentos de calcite; *i)* empacotamento biofilmico do filme negro num grão fragmentado de calcite; *h, i)* amostras retiradas das zonas do mármore original.

Os espectros obtidos por FTIR-ATR para as amostras de filmes negros coligidas das espécies botânicas bambu (azul) e vinhático-das-ilhas (laranja) foram ampliados na Figura 12 de forma a permitir observar que estes são muito semelhantes, ou seja, as bandas de absorvância correspondem às da escultura (mesmos números de onda e mesma intensidade).

Identificação da origem do filme negro na escultura

O filme negro observado na escultura *Morte de Cleópatra* é semelhante ao que ocorre no bambu e no vinhático-das-ilhas. Todos eles apresentam uma cera (de origem desconhecida) e sacarose. Registrou-se que as espécies botânicas mencionadas estavam a fazer sombra à escultura e a aumentar o teor de matéria orgânica desta pela queda das suas folhas. Estas observações e a pesquisa efetuada levaram-nos à hipótese de o filme negro ser fumagina, também conhecida como *sooty mould* [11, 20-24]. A fumagina é um termo genérico para um produto de cor preta causado pelo desenvolvimento de fun-

gos (provocada por mais de 200 espécies fúngicas) sobre um melada [24-27] (*honeydew*), produzido por insetos alimentadores de seiva (especialmente seiva doce), hóspedes das plantas [11, 20, 24].

Existem insetos (e.g. *Aphidoidea* sp., *Planococcus citri*, *Aleyrodoidea* sp.) habitantes das árvores, alimentadores de seiva que vão segregar e excretar gotas de melada [24-27] (*honeydew*) que se depositam sobre as folhas de espécies botânicas (Figura 13) com propriedades açucaradas [11-14, 20, 24-29]. Essas gotas caem das folhas para outras zonas das árvores ou ainda, como neste estudo, sobre a escultura [14, 24, 26, 30]. Após a deposição, vão criar um revestimento açucarado pegajoso [11-12, 23-24] sobre os materiais anteriormente mencionados, basicamente formado por sacarídeos [11, 15, 20-21, 27], aminoácidos, proteínas, minerais, vitaminas e outros compostos orgânicos [11-12, 15, 31]. Neste revestimento desenvolve-se um biofilme fúngico enegrecido (Figura 13) produzindo esporos e uma massa superficial negra [11, 20-21, 27].

A pigmentação negra da fumagina deriva da produção de melanina, um produto da oxidação de tirosina, um aminoácido absorvedor de UV e dissipador de luz [15, 21, 27, 32-38]. Este filme negro aparece mais frequentemente em regiões subtropicais ou tropicais sem especificação do espécime da planta hospede. Como características deste filme aponta-se a sua capacidade de absorver água e de manter, durante longo período de tempo, um nível de humidade elevado nas superfícies das folhas [11-12, 14, 20, 23, 25, 27-28]. O complexo sapróbio do *honeydew* (filme negro) é responsável por: *i*) bloquear a radiação solar impedindo a fotossíntese das plantas; *ii*) alterar a estética das plantas; *iii*) contribuir para um maior número de insetos alimentadores de seiva; *iv*) desenvolver-se em vários substratos [11-12, 14, 20, 22, 24, 27, 34-36, 38], como neste caso, em que formou um filme negro sobre a escultura.

A literatura aponta o termo coletivo *sooty mould* para fungos da divisão Ascomycete na classe Dothideomycetes. Vários autores colocam a fumagina em diferentes ordens (Capnodiales e Pleosporales) e géneros (*Aureobasidium*, *Alternaria*, *Capnodium*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fumago*, *Limaculna*, *Sarcinomyces*, *Scorias*, entre outros) [13-14, 24, 34]. Assim, face ao exposto nos parágrafos anteriores, verifica-se que os géneros observados nos isolamentos provenientes das microculturas são diferentes daqueles referidos na literatura [13, 22, 24]. Neste trabalho identificou-se um novo género de fungo associada ao termo fumagina, pertencendo ao género *Mucor*, ordem Mucorales, classe Zygomycota [9].

Dhami *et al.* [13] apresentam imagens de fumagina obtidas através de SEM semelhantes às encontradas nas amostras do filme negro desenvolvido no bambu comum (Figura 8), no vinhático-das-ilhas (Figura 9) e na escultura (Figura 10), mas especificamente no que se refere aos empacotamentos de biofilme fúngico. A presença de conídios tálcos e esporos redondos são igualmente semelhantes a uma amostra de um corte transversal apresentada por Santos *et al.* [14], estabelecendo assim uma ligação visual e eventual registo para sua identificação. No caso do filme negro sobre o vinhático-das-ilhas (Figura 9), encontraram-se acrescentos laterais nos conídios, que poderão dar indícios da fumagina estar associada ao *Mucor* sp.

Burford *et al.* [39] referem que o género identificado (*Mucor* sp.) se desenvolve bem sobre mármore, e que algumas formas deste fungo causam dissolução da calcite. Nesta situação, os fungos causam uma corrosão nas rochas hospedeiras, que por sua vez contribuem para a sobrevivência e proliferação de mais comunidades de microrganismos. Deste modo, o padrão registado de dissolução diferencial dos grãos minerais (Figuras 9c, d, g) é indício de corrosão ativa e respetiva dissolução causada pela fumagina, com consequente dano para a escultura. Após comparação com Garcia-Vallès *et al.* [40], confirmou-se que a textura *espinhosa* dos grãos de calcite deve-se a biocorrosão entre a rocha e a colonização biológica existente, cujo caráter erosivo resulta numa acumulação radial de cristais de calcite [40].

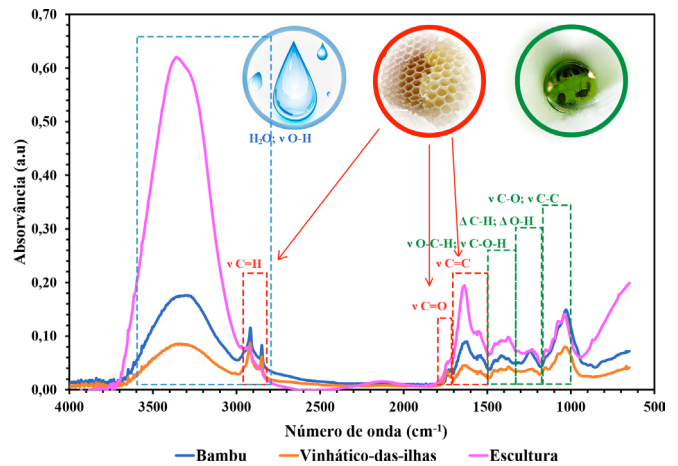


Figura 11. Espectros obtidos por FTIR-ATR das amostras do filme negro recolhidas do bambu (azul), vinhático-das-ilhas (laranja) e escultura (rosa) com identificação dos grupos funcionais pelas bandas e possíveis derivados (água, cera e sacarose).

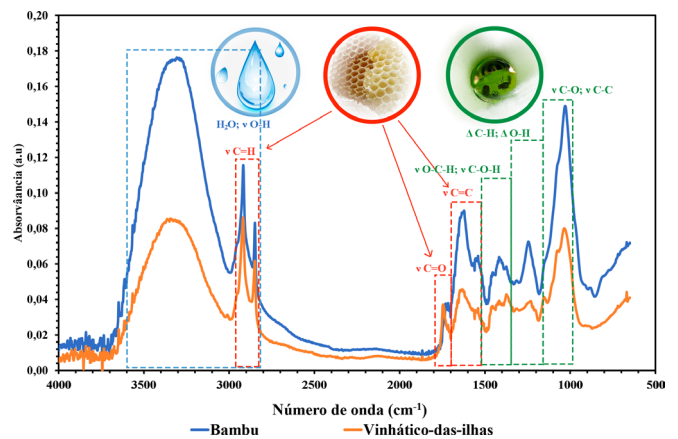


Figura 12. Ampliação dos espectros de FTIR-ATR das amostras do filme negro recolhidas do bambu (azul) do vinhático-das-ilhas (laranja) com identificação dos grupos funcionais pelas bandas e possíveis derivados (água, cera e sacarose).

Face aos resultados obtidos por FTIR-ATR (Figuras 11 e 12) e à comparação com a literatura, verifica-se que as amostras coligidas possuem vestígios de cera e sacarídeos como a sucrose, e possivelmente outros açúcares, habitualmente encontrados em exemplares de *honeydew* [14, 17-18]. É assim muito provável que o desenvolvimento deste género de fungo esteja associado às gotas doces excretadas pelos insetos alimentadores de seiva [14, 17-18].

Conclusões

O filme negro da escultura *Morte de Cleópatra* foi identificado como fumagina (*sooty mould*). Este ocorre devido à escultura possuir, no seu lado SW, duas espécies arbóreas, o bambu e o vinhático-das-ilhas. Nestes exemplares botânicos habitam insetos alimentadores de seiva que vão segregar e excretar gotas de melada (*honeydew*) [24-27]. Essas gotas caem das folhas para outras zonas das árvores ou, como neste estudo, sobre a escultura. As bandas identificadas por FTIR-ATR,

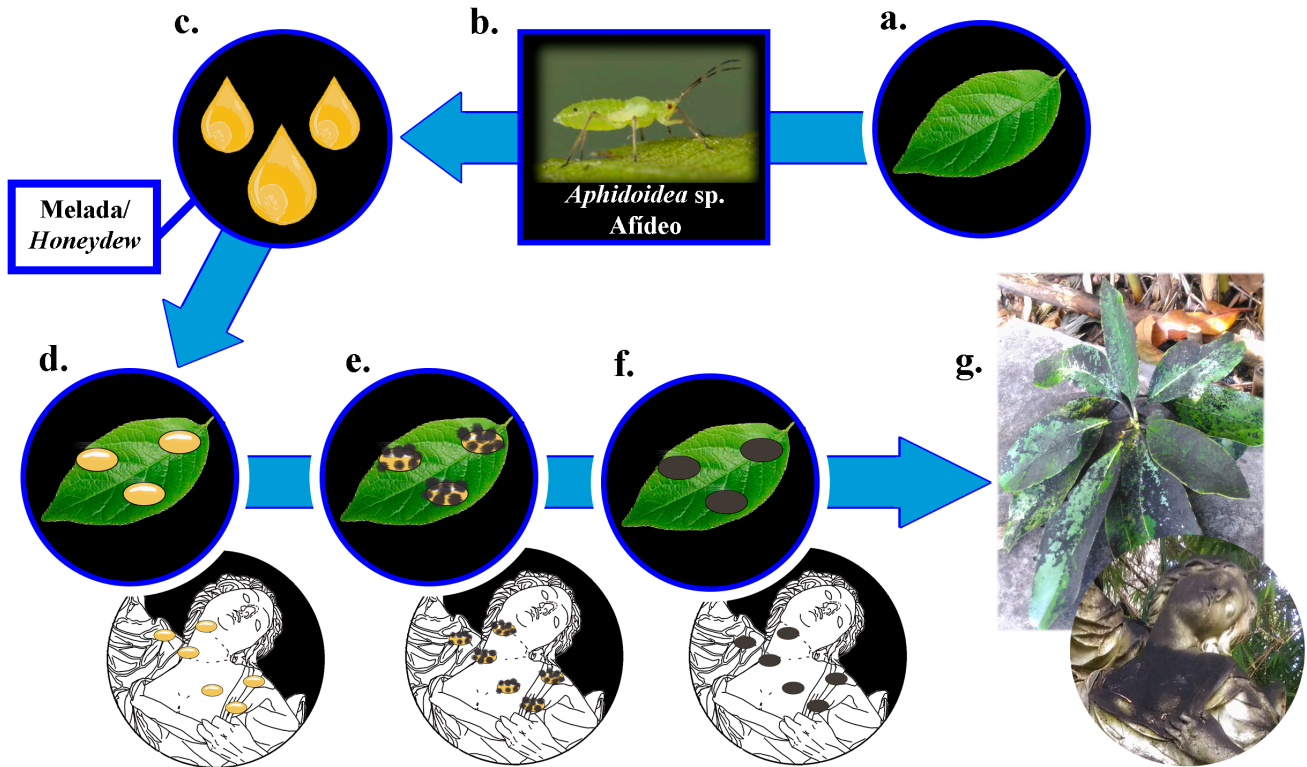


Figura 13. Esquema da formação da fumagina/sooty mould: a) antes da infestação de uma folha; b) exemplo de uma espécie de insetos alimentadores de seiva capazes de produzir fumagina (*Aphidoidea* sp. [29]); c) secreção e/ou excreção de gotas do honeydew pela infestação e possível queda; d) fixação das gotas do honeydew numa outra folha ou escultura *Morte de Cleópatra*; e) início do desenvolvimento da fumagina; f) desenvolvimento progressivo da fumagina; g) aspecto da fumagina no vinhático-das-ilhas e na escultura *Morte de Cleópatra*.

semelhantes ao éster de cera, assim como a textura em favor de cera observado em SEM-EDS, podem também ser enquadradas no panorama do honeydew das amostras estudadas. A literatura sugere que, no ato da excreção, as ninfas e adultos dos insetos alimentadores de seiva libertam o honeydew, coberto por uma fina camada de um material ceroso.

Após a deposição das gotas de melada [24-27], estas vão criar um revestimento açucarado pegajoso sobre os materiais anteriormente mencionados, formado por sacarídeos, aminoácidos, proteínas, minerais, vitaminas e outros compostos orgânicos. Neste revestimento, desenvolve-se um biofilme fúngico enegrecido, produzindo esporos e uma massa superficial negra formando a fumagina, com a formação um filme negro sobre a escultura em estudo.

O vinhático-das-ilhas (*Persea indica*) foi identificado como sendo o responsável, ou o espécime botânico originário, pela queda de fumagina, devido a este possuir nas folhas um filme negro mais desenvolvido e mais espesso. Salienta-se que, pelo facto de esta árvore se encontrar numa altura elevada e sobre a escultura, após a infestação pelos insetos infestadores, se compreende que tenha ocorrido queda do particulado negro e/ou gotas de honeydew nas folhas de bambu e na *Morte de Cleópatra*.

De acordo com o observado, não há vantagem em efetuar uma intervenção de limpeza na *Morte de Cleópatra* enquanto esta se mantiver debaixo de espécies botânicas. Deste modo aconselha-se ao Jardim Botânico Tropical que desloque a escultura para um local sem árvores a envolvê-la.

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento provido ao Projetos Estratégicos, financiado pela FCT, do CERENA (PE-UID/ ECI/04028/2019) e ao projeto do VICARTE: CleanART (PTDC/ EPH-PAT/0224/201

REFERÊNCIAS

1. Ramalho, S. L. R., *Guia de Portugal Artístico*, Lisboa (1935).
2. Castel-Branco, C.; Fernandes, C. V., *Jardins e Escultura do Palácio de Belém*, Lisboa (2005).
3. Thau, M. V., ‘Mazzuoli, Giuseppe, il Vecchio’, *Dizionario Biografico degli Italiani* (2008), [http://www.treccani.it/enciclopedia/mazzuoli-giuseppe-il-vecchio_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/mazzuoli-giuseppe-il-vecchio_(Dizionario-Biografico)/) (acesso em 2018-7-22).
4. ‘Proposta de percurso, mapa adaptado’, <http://www2.iict.pt/jbt/index.php?idc=217&idi=11897> (acesso em 2018-7-22).
5. Neves, S. A. T. F., ‘Intervenção de conservação na escultura “Morte de Cleópatra”’, dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2007).

6. Simões, C. J. A., 'Diagnóstico e intervenção de conservação de uma escultura em pedra', dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2007).
7. Vergès-Belmin, V. (ed.), *Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns*, ICOMOS, Paris (2008), https://www.icomos.org/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf (acesso em 2018-07-22).
8. Mokrzycki, W. S.; Tatol, M., 'Color difference delta E – A survey', *Machine Graphics and Vision* **20**(4) (2011) 383-412.
9. Drdácák, M.; Lesák, J.; Rescic, S.; Slízková, Z.; Tiano, P.; Valach, J., 'Standardization of peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of historic stone surfaces', *Materials and Structures* **45**(4) (2012) 505-520, <https://doi.org/10.1617/s11527-011-9778-x>.
10. Samson, R. A.; Horkstra, E. S.; Frisvad, J. C.; Filtenborg, O., *Introduction to Food and Airborne fungi*, 6th ed., Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht (2001).
11. Philips, A., 'Mycology. An introduction to the fungi', guia laboratorial, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, VICARTE (2005).
12. Chomnunti, P.; Hongsanan, S.; Aguirre-hudson, B.; Tian, Q.; Persoh, D.; Dhami, M. K.; Alias, A. S.; Xu, J.; Liu, X.; Stadler, M.; Hyde, K. D., 'The sooty moulds', *Fungal Diversity* **66**(1) 1-36 (2014), <https://doi.org/10.1007/s13225-014-0278-5>.
13. Dhami, M. K.; Weir, B. S.; Taylor, M. W.; Beggs, J. R., 'Diverse honeydew-consuming fungal communities associated with scale insects', *PLoS One* **8**(7) (2013) 1-12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070316>.
14. Santos, S. A. P.; Santos, C.; Silva, S.; Pinto, G.; Torres, L. M.; Nogueira, A. J. A., 'The effect of sooty mold on fluorescence and gas exchange properties of olive tree', *Turkish Journal of Biology* **37**(5) (2013) 620-628, <https://doi.org/10.3906/biy-1301-81>.
15. Ammar, E.; Alessandro, R.; Jr, R. G. S.; Hall, D. G., 'Behavioral, ultrastructural and chemical studies on the honeydew and waxy secretions by nymphs and adults of the asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)', *PLoS One* **8**(6) (2013) 1-6, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064938>.
16. Hallmann, C.; Rüdlich, J.; Enseleit, M.; Friedl, T.; Hoppert, M., 'Microbial diversity on a marble monument: a case study', *Environmental Earth Sciences* **63**(7-8) (2011) 1701-1711, <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0772-3>.
17. Shim, Y.; Jung, H.; Woong, J.; Seok, H.; Bae, H.; Park, J.; Choi, B.; Lee, S., 'Fabrication of hollow porous PLGA microspheres using sucrose for controlled dual delivery of dexamethasone and BMP2', *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* **37** (2016) 101-106, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.03.014>.
18. Anjos, O.; Graça, M.; Contreras, P.; Antunes, P., 'Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey', *Food Chemistry* **169**(15) (2015) 218-223, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.138>.
19. Ibrahim, M.; Alaam, M.; El-haes, H.; Jalbout, A. F.; De Leon, A., 'Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose', *Eclética Química* **31**(3) (2006) 15-22, <https://doi.org/10.1590/S0100-46702006000300002>.
20. Weinbuch, D.; Cheung, J. K.; Ketelaars, J.; Filipe, V.; Hawe, A.; Den Engelsman, J.; Jiskoot, W., 'Nanoparticulate impurities in pharmaceutical-grade sugars and their interference with light scattering-based analysis of protein formulations', *Pharmaceutical Research* **32**(7) (2015) 2419-2427, <https://doi.org/10.1007/s11095-015-1634-1>.
21. Bovi, M. L. A.; De Resende, M. D. V.; Sáes, L. A.; Uzzo, P., 'Genetic analysis for sooty mold resistance and heart of palm yield in archontophoenix', *Scientia Agricola* **61**(2) (2004) 178-184, <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000200009>.
22. Cruywagen, E. M.; Crous, P. W.; Roux, J.; Slippers, B.; Wingfield, M. J., 'Fungi associated with black mould on baobab trees in Southern Africa', *Antonie van Leeuwenhoek* **108**(1) (2015) 85-95, <https://doi.org/10.1007/s10482-015-0466-7>.
23. Filho J. P. L.; Paiva, É. A. S., 'The effects of sooty mold on photosynthesis and mesophyll structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King., Meliaceae)', *Bragantia* **65**(1) (2006) 11-17, <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000100003>.
24. Insausti, P.; Ploschuk, E. L.; Izaguirre, M. M.; Podworny, M., 'The effect of sunlight interception by sooty mold on chlorophyll content and photosynthesis in orange leaves (*Citrus sinensis* L.)', *European Journal on Plant Pathology* **143**(3) (2015) 559-565, <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0709-5>.
25. Amaro, P., *A Protecção Integrada*, ISA/Press, Lisboa (2003), http://www.isa.utl.pt/files/pub/ISAPRESS/PDF_Livros_ProfPedroAmaro/Protecao_Integrada.pdf (acesso em 2018-7-22).
26. Boavida, C., 'Psilas em eucaliptos-Glycaspis brimblecombei Moore', boletim técnico, Instituto Nacional de Recursos Biológicos (2007), http://www.inia.pt/fotos/editor2/glycaspis_brimblecombei_moore_psilas_em_eucalipto.pdf (acesso em 2019-3-22).
27. Coutinho, C., 'A cochonilha algodão na vinha', ficha técnica, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (2011), http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/ft2010/ficha_tecnica_43_2011.pdf (acesso em 2019-3-22).
28. Neto, E., 'Afideos', ficha de divulgação, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (2009), http://www.drapalgarve.gov.pt/downloads/Temas%20e%20servicos/Inimigos_Culturas_FD_EAA/VINHA_FD_EAA/FD_EAA_01_2009_Afideos.pdf (acesso em 2019-3-22).
29. Vladimirov, N. 'Photo #62845', in *Insecta.pro*, <http://insecta.pro/gallery/62845> (acesso em 2018-7-22).
30. Nelson, S., 'Sooty mold', University of Hawaii, Honolulu (2008), <http://hdl.handle.net/10125/12424>.
31. Khodaparast, S. A.; Byrami, F.; Pourmoghadam, M. J.; Amirmijani, A. R.; Salimi, M., 'A further contribution to the knowledge of sooty mould fungi from Iran', *Mycologia Iranica* **2**(1) (2015) 46-58, <https://doi.org/10.22043/MI.2015.14224>.
32. Laemmlen, F.F., 'Sooty mold', Integrated pest management for home gardeners and landscape professionals – Pest notes, University of California (2012) <http://www.ipm.ucdavis.edu/PDF/PESTNOTES/pnsootymold.pdf> (acesso em 2018-07-22).
33. Park, P.; Cho, S.-E.; Hong, S.-H.; Choi, I.-Y.; Shin, H.-D., 'Sooty mould on *Hibiscus rosa-sinensis* caused by *Leptoxiphium kurandae* is associated with Extrafloral Nectaries', *Journal of Phytopathology* **5**(2014) 1027-1031, <https://doi.org/10.1111/jph.12332>.

34. Santos, R. S.; Lúcia, A.; Gonzalez, B.; Rodrigues, W. C.; Santos, R. S., ‘Ocorrência de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera : Pseudococcidae) em quiabeiro no estado do Acre’, *Entomologistas do Brasil* **10**(2) 135-138 (2017), <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v10i2.684>.
35. Nieves-Rivera, Á. M.; Tattar, T. A.; Jr, E. H. W., ‘Sooty Mouldplanthopper association on leaves of the black mangrove *avicennia germinans*, (L.) Stearn in Southwestern Puerto Rico’, *The International Journal of Urban Forestry* **26**(2) (2002) 141-155, <https://doi.org/10.1080/03071375.2002.9747328>.
36. Dong, Y.; Wan, L.; Pereira, R.; Desneux, N.; Niu, C., ‘Feeding and mating behaviour of Chinese citrus fly *Bactrocera minax* (Diptera , Tephritidae) in the field’, *Journal of Pest Science* **87**(4) (2014) 647-657, <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0605-3>.
37. Summy, K. R.; Little, C. R., ‘Using color infrared imagery to detect sooty mold and fungal pathogens of glasshouse-propagated plants’, *American Society for Horticulture Science* **43**(5) (2008) 1485-1491, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1485>.
38. Hansen, M. A., ‘Sooty mold of conifers and hardwoods’, Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and State University (2009).
39. Burford, E. P.; Kierans, M.; Gadd, G. M., ‘Geomycology : fungi in mineral substrata’ *Mycologist* **17**(3) (2003) 98-107, <https://doi.org/10.1017/S0269915X03003112>.
40. Garcia-Vallès, M.; Urzi, C. E.; Vendrell-Saz, M., ‘Weathering processes on the rock surface in natural outcrops: the case of an ancient marble quarry (Belevi, Turkey)’, *Environmental Geology* **41**(8) (2002) 889-897, <https://doi.org/10.1007/s00254-001-0466-y>.

RECEBIDO: 2018.10.31

REVISTO: 2019.1.11

ACEITE: 2019.1.13

ONLINE: 25.3.2019



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>.

O método de radar de penetração no solo (GPR) na caracterização do Mosteiro da Batalha

The ground-penetrating radar (GPR) method in the characterization of the Monastery of Batalha

NUNO BARRACA^{1,*} 
 MANUEL MATIAS² 
 FERNANDO ALMEIDA² 

1. Morph Lda., Rua Aníbal de Lima, n.º 170, 3000-030 Coimbra, Portugal

2. GeoBioTec, Dep. Geociências, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago 3810-193 Aveiro, Portugal

* nunobarraca@gmail.com

Resumo

A caracterização do Mosteiro da Batalha incluiu o método de prospecção geofísica de radar de penetração no solo (GPR). Este método, não destrutivo e indireto, permite obter imagens 2D/3D de elevada resolução das estruturas investigadas. Devido à natureza do estudo, foram utilizadas grelhas de medida e parâmetros de aquisição adequados, elevada precisão da localização dos pontos de leitura e processamento de dados adaptado. O GPR clarificou questões relacionadas com a construção e o estado de conservação do Mosteiro. São apresentados resultados da investigação do terreno sob o Mosteiro, localizando infraestruturas recentes e antigas, fundações de colunas e estruturas de interesse histórico-arqueológico. A caracterização de elementos construtivos justificou a utilização do GPR na superfície das paredes do claustro de D. João I, permitindo propor uma estrutura interna do aparelho construtivo das paredes. O GPR provou ser eficaz e expedito e permitiu obter informação indispensável para contribuir para a preservação, recuperação e reabilitação do monumento.

PALAVRAS-CHAVE

Mosteiro
 Batalha
 Georadar
 Caracterização
 Paredes
 Fundações
 Infraestruturas

Abstract

The characterization of the Monastery of Batalha included the use of the geophysical method of ground-penetrating radar (GPR), a non-destructive and indirect method that provides high-resolution 2D/3D images of the structures to investigate. Owing to the nature and aims of the survey, appropriate measurement grids, acquisition parameters and adapted data processing techniques were used. The GPR survey provided important information about the Monastery foundations, construction and conservation. GPR high-resolution images allowed to locate recent and ancient infrastructures, columns foundations and structures of historical-archaeological interest. The characterization of the Monastery walls was also carried out using GPR on the surface of walls of the Cloister of D. João I and of the Church. These results contribute for the proposal of an inner structure model of the walls. GPR proved to be an efficient and expeditious method that allowed obtaining information to be used in the preservation, recovery and rehabilitation of the Monument.

KEYWORDS

Monastery
 Batalha
 Georadar
 Characterization
 Walls
 Foundations
 Infrastructure

Introdução

A preservação, manutenção e restauro de património histórico, edificado, artístico e cultural tem sido preocupação de especialistas e organismos internacionais originando a elaboração das Cartas Patrimoniais de Atenas [1], Burra [2], Cracóvia 2000 [3] e Lisboa [4].

A intervenção de reabilitação e restauro em monumentos classificados e outro parque edificado de interesse histórico-cultural, tem por objetivo preservar o património construído e, atualmente, recorre a técnicas muito diversificadas que permitem, não só uma correta visualização e imagem dos edifícios, mas também a elaboração de um diagnóstico do seu estado conservação para o planeamento de um conjunto de intervenções destinadas a garantir a sua preservação.

Um projeto de reabilitação necessita de toda a informação sobre técnicas e fases de construção, eventuais modificações estruturais, materiais de construção utilizados, infraestruturas enterradas, patologias, fundações e natureza do solo subjacente. Estes dados podem ser difíceis de encontrar, pois os registos escritos e históricos são frequentemente escassos, por vezes imprecisos, insuficientes ou mesmo inexistentes. No entanto, a informação necessária para o diagnóstico e planeamento pode ser obtida em edifícios semelhantes e contemporâneos aos que estão a ser intervencionados. A reabilitação e restauro de monumentos inclui conhecimentos e visão de diversas áreas, sendo uma tarefa claramente multidisciplinar [5-6].

Na ausência deste tipo de informação pode-se recorrer a pesquisas preliminares usando métodos invasivos/destrutivos, como amostragem com remoção física de materiais e sondagens. No entanto, esta abordagem é dispendiosa e pode conduzir a danos patrimoniais irreversíveis. Por isso, os métodos a considerar não devem causar impactos negativos ao património edificado e deve recorrer-se a técnicas de imagiologia e caracterização não destrutivas [7].

Os métodos de prospeção geofísica são técnicas não destrutivas que têm sido utilizados com sucesso para obtenção de imagens do subsolo e caracterização de estruturas naturais ou antrópicas soterradas. Mais recentemente, estes métodos foram propostos para a caracterização de património edificado e de obras de arte, e proporcionaram valiosas informações em aspetos tão diversos como a caracterização de fundações, a identificação de patologias, e a caracterização de fases construtivas e de materiais de construção [8-11].

O Mosteiro da Santa Maria da Vitória, mais conhecido por Mosteiro da Batalha, ao longo dos tempos tem sido objeto de intervenções de restauro [12] e, neste trabalho, demonstra-se a aplicação de métodos de prospeção geofísica de elevada resolução, nomeadamente do radar de penetração no solo (*ground-penetrating radar*, com o acrónimo GPR), na caracterização daquele monumento. Em particular, é abordada a utilização do GPR na investigação do terreno sob o Mosteiro, localização de infraestruturas, fundações e características das paredes.

O trabalho começa por sintetizar a aplicação dos métodos de prospeção geofísica na caracterização do património edificado. De seguida, introduz, de um modo sucinto, o método de prospeção geofísica utilizado, processamento dos dados e, finalmente, apresenta e discute os resultados da caracterização do subsolo e paredes do monumento.

Métodos de prospeção geofísica na caracterização de património edificado

Os métodos de prospeção geofísica são técnicas, não invasivas e não destrutivas, utilizadas em prospeção mineira, engenharia civil e, mais recentemente, na caracterização de património edificado [13-14]. A adaptação dos métodos geofísicos ao património construído levou ao desenvolvimento da chamada microgeofísica [15]. A microgeofísica usa técnicas geofísicas modificadas e adaptadas para diagnosticar, monitorizar e fornecer informações relevantes para a solução de problemas relacionados aos estudos do Património Histórico, nomeadamente, com vista à caracterização de materiais de construção, identificação de patologias, localização de infraestruturas e continuidade e tipo de elementos de construção em monumentos, edifícios históricos e obras de arte.

Os métodos geofísicos mais populares para investigar edifícios, monumentos históricos ou objetivos patrimoniais, tais como esculturas, gravuras, painéis de pedras ou obras de arte, são a tomografia sísmica 2D e 3D, radar de penetração no solo, tomografia elétrica, tomografia ultrassónica e termografia [15]. Outros métodos, como a microgravimetria [16], sísmica passiva [17] e ressonância magnética nuclear [18], também têm sido considerados.

A escolha e utilização de um método depende da finalidade e características do projeto. Assim, a deteção de fraturas pode utilizar GPR [19] e tomografia de ultrassons [20], enquanto a investigação de patologias, como humidade em paredes, pode recorrer a tomografia elétrica [21-22] que também pode ser usada para a caracterização de terrenos e fundações sob edifícios [23-24].

No entanto, a complexidade dos problemas inerentes à caracterização de património aconselha a utilização de vários métodos e técnicas que proporcionem informação complementar. A estratégia multimétodo tem que considerar os objetivos e característica de cada projeto em si [25-27]. Por exemplo, uma estratégia combinada usando tomografia elétrica e GPR foi proposta por Grangeia e colaboradores para investigar diversas fases de construção romana e medieval [28].

A Tabela 1 sintetiza a utilização dos métodos de prospeção geofísica em estudos de caracterização de património, indicando as principais vantagens e desvantagens de cada um.

O método de radar de penetração no solo (GPR) na caracterização do Mosteiro da Batalha

Tabela 1. Métodos geofísicos na caracterização de património.

Método de prospeção geofísica	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Resistividade elétrica (resistividade elétrica)	<ul style="list-style-type: none"> · Caracterização do solo · Localização de estruturas 2D/3D · Espessura de estruturas · Cavidades · Nível freático 	<ul style="list-style-type: none"> · Modelação 2D/3D · Estimativa de profundidades e espessuras · Boa resolução na deteção do nível freático e rocha base · Boa capacidade de deteção de elementos de natureza antrópica · Alguma definição litoestratigráfica 	<ul style="list-style-type: none"> · Necessidade de mão de obra · Necessidade de contacto físico com o meio · Necessidade de meio condutor · Dificuldades logísticas inerentes à operação com cabos elétricos no terreno · Disponibilidade de espaço livre · Baixa resolução · Ambiguidade na interpretação
GPR (georradar) (permissividade elétrica)	<ul style="list-style-type: none"> · Localização de estruturas e infraestruturas (2D e 3D) · Litoestratigrafia · Objetos metálicos · Espessura de estruturas · Vazios 	<ul style="list-style-type: none"> · Alta resolução · Possibilidade de visualização imediata · Rápida obtenção de dados e avaliação de resultados · Aplicabilidade em espaços reduzidos · Reduzida mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> · Equipamento caro · Processamento requer operador experiente · Posicionamento preciso das medidas · Suscetível à regularidade da acoplagem entre a antena e terreno · Suscetibilidade dos dados a interferências eletromagnéticas · Necessidade de antenas blindadas
Indução eletromagnética (condutividade elétrica)	<ul style="list-style-type: none"> · Estruturas 2D e 3D 	<ul style="list-style-type: none"> · Equipamento portátil · Pouca mão de obra e rapidez de execução · Facilidade de localização de estruturas condutoras 	<ul style="list-style-type: none"> · Equipamento caro · Medidas qualitativas · Modelação difícil · Interferência de ruído eletromagnético ambiental · Baixa resolução
Refracção sísmica (velocidade de propagação de ondas sísmicas)	<ul style="list-style-type: none"> · Estratigrafia · Nível freático · Caracterização mecânica de meios 	<ul style="list-style-type: none"> · Capacidade de estimativa de velocidades de propagação das ondas e de profundidade · Capacidade de deteção da rocha base, nível freático e espessuras de recobrimentos · Obtenção de parâmetros mecânicos dos materiais 	<ul style="list-style-type: none"> · Baixa resolução · Mão de obra · Necessidade de espaço livre · Fonte sísmica
Termografia (temperatura)	<ul style="list-style-type: none"> · Aparelhos construtivos · Infraestruturas 	<ul style="list-style-type: none"> · Rápida a aquisição de grandes áreas · Medições e visualização em tempo real · Pouca mão de obra · Equipamento barato 	<ul style="list-style-type: none"> · Baixa resolução · Medidas qualitativas · Variações diurnas · Ambiguidades na interpretação · Apenas visualiza temperaturas superficiais · Ruído de fonte de calor próximas
Potencial espontâneo (condutividade elétrica)	<ul style="list-style-type: none"> · Alteração química de materiais 	<ul style="list-style-type: none"> · Barato · Fácil implementação e aquisição · Pouco processamento · Pouca mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> · Medidas qualitativas · Dificuldade de modelação · Contactos físicos estáveis quimicamente · Necessidade e meios condutores · Presença de cabos elétricos no terreno · Medições superficiais · Baixa resolução · Lenta aquisição
Gravimetria / microgravimetria (aceleração da gravidade)	<ul style="list-style-type: none"> · Vazios 	<ul style="list-style-type: none"> · Deteção de vazios · Facilidade de modelação · Pouca mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> · Equipamento caro · Correções aos dados laboriosas · Precisão das medidas · Interferências laterais de construções
Magnetometria (susceptibilidade magnética)	<ul style="list-style-type: none"> · Objetos metálicos · Cerâmica 	<ul style="list-style-type: none"> · Baixo custo · Rapidez de aquisição · Pouca mão de obra · Facilidade de visualização de dados 	<ul style="list-style-type: none"> · Suscetibilidade à proximidade de objetos metálicos e interferência de ruído eletromagnético ambiental · Necessidade de correções dos dados · Variação do campo magnético

A caracterização do Mosteiro da Batalha é uma tarefa complexa, que envolve a necessidade de aplicação de várias técnicas de acordo com o objetivo específico de cada local a investigar. Neste monumento foram efetuadas campanhas de prospeção geofísica utilizando vários métodos (tomografia elétrica 2D e 3D, tomografia sísmica, sísmica de refração, GPR e potencial espontâneo) descritas e discutidas noutros documentos [29-31].

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de equipamentos e processamento de dados obtidos na aplicação de GPR permitiu que esta técnica evoluísse de uma mera visualização e inspeção expedita do terreno para a imagiologia de elevada resolução e diagnóstico em deteção de infraestruturas, estudo de edifícios, pavimentos, pontes, túneis, geotecnia e aterros [32].

O GPR tem sido utilizado na caracterização do património edificado como ferramenta de investigação de diversos elementos relevantes à sua reabilitação. Foi demonstrada a sua utilização na deteção e reparação de fraturas [9], e na caracterização de edifícios modernos para informar sobre estrutura interna de paredes, elementos estruturais e infraestruturas, características do solo e fundação, betão armado, alterações ao edificado e patologias [11].

O trabalho aqui apresentado explora a utilização do GPR na caracterização do subsolo e paredes do Mosteiro da Batalha, para clarificar a natureza das fundações e dos terrenos debaixo do mosteiro, bem como a constituição interna das paredes. A escolha deste método justifica-se pelo espaço disponível, rapidez de aquisição de dados sem perturbar a normal utilização do monumento, comprovada aplicação a projetos desta natureza e capacidade de produzir imagens de elevada resolução dos meios investigados.

Atualmente, as técnicas GPR são uma metodologia bem conhecida e devidamente documentada na bibliografia [16-20]. Por isso, o presente trabalho não abordará os princípios teóricos básicos do funcionamento do GPR. Contudo, como o processamento de dados de GPR é complexo e tem de se adaptar aos projetos específicos, este aspeto particular da técnica será abordado com mais detalhe.

Caracterização do local de estudo

A construção do Mosteiro da Batalha data do final do século XIV (1386-1387). O monumento foi construído em honra de Nossa Senhora da Vitória, para cumprir a promessa efetuada por D. João I aquando da vitória na Batalha de Aljubarrota. Este Mosteiro é um excelente exemplo da arquitetura gótica portuguesa, sendo que apresenta também excelentes trabalhos do estilo Manuelino [33]. A sua construção prolongou-se por 7 reinados (cerca de 150 anos) e posteriormente sofreu obras de restauro, reconstrução e alteração. Em 1795, James Murphy efetuou um estudo exaustivo do monumento e publicou uma planta detalhada que demonstra a dimensão excecional do edificado [34]. Atualmente o monumento apresenta grandes alterações relativamente aquela extensão (Figura 1).

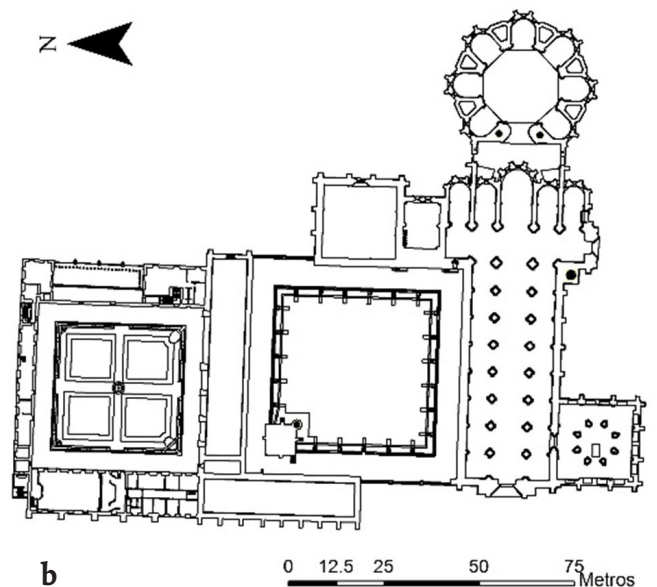
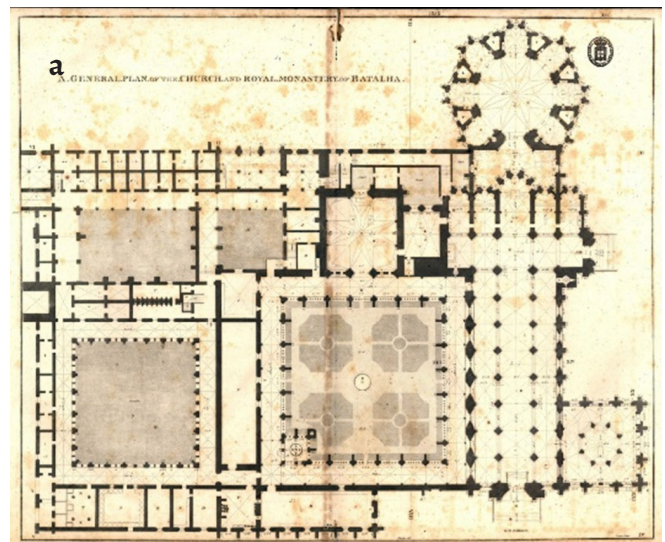


Figura 1. Planta do Mosteiro: a) elaborada em 1795 por James Murphy [34]; b) atual.

O Mosteiro foi inicialmente doado à Ordem de São Domingos, doação esta revogada aquando da extinção das ordens religiosas em Portugal (1834). Em 1907, foi constituído Monumento Nacional e, em 1983, foi classificado Património Mundial pela UNESCO. Mais recentemente, em 2016, o Mosteiro da Batalha foi elevado ao estatuto de Panteão Nacional.

Aquisição de dados

Os dados apresentados neste trabalho referem-se a medições realizadas sobre o chão (espaços assinalados a azul na Figura 2) e a medições realizadas à face de algumas paredes (assinaladas a laranja na Figura 2). As áreas onde se realizaram medições estão limitadas ao espaço disponível e são condicionadas por obstáculos físicos.

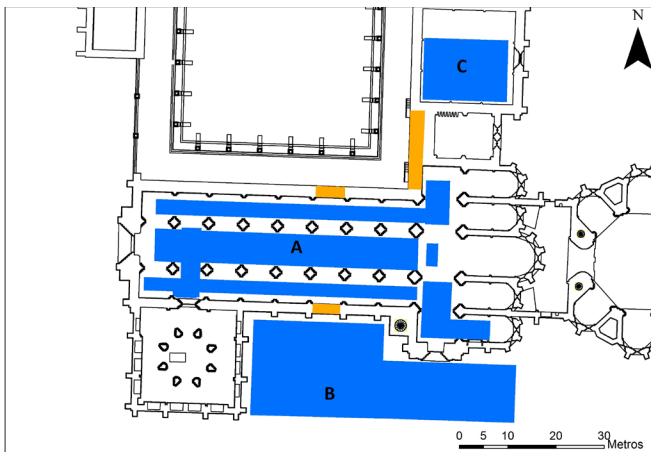


Figura 2. Áreas de prospeção: no solo (assinaladas a azul); nas paredes (a laranja). Legenda: A – Igreja; B – exterior sul do Mosteiro; C – sala do Capítulo.

Na Figura 3 ilustram-se os locais de aquisição de dados no interior da igreja, no exterior sul do Mosteiro e na sala do Capítulo.

A campanha de GPR foi efetuada com equipamento mono-estático, antenas emissora e recetora a distância constante e instaladas numa só unidade blindada (*MALÁ Professional Explorer – ProEx*). A aquisição de dados em ambientes confinados, isto é, com paredes laterais e teto, impõe a utilização de equipamentos blindados para diminuir, ou mesmo anular, o registo de energia refletida naqueles elementos construtivos. Embora esta energia se propague à velocidade da

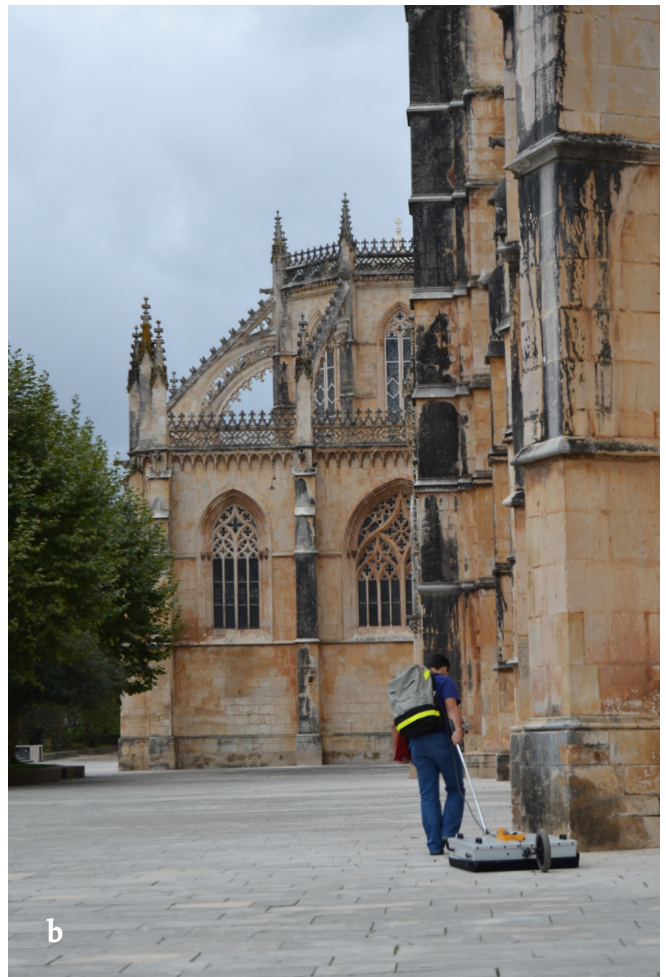


Figura 3. Locais de aquisição de dados: a) interior da igreja; b) exterior sul do Mosteiro; c) sala do Capítulo.

luz (0,3 m/ns), por isso facilmente detetável, estes eventos podem contribuir para a complexidade das imagens obtidas.

Uma das questões fundamentais na utilização de GPR é a escolha da frequência das antenas. Neste trabalho utilizaram-se as antenas de 500 MHz para investigar o subsolo (áreas a azul na Figura 2). Por outro lado, a constituição interna das paredes foi investigada com antenas de 500 MHz e 800 MHz (locais sinalizados a laranja na Figura 2).

Testes prévios permitiram estimar velocidades de propagação da energia de 0,08 m/ns a 0,09 m/ns nos materiais



constituintes das paredes. A conjugação destes valores com a atenuação verificada *in situ* justifica a utilização da antena de 500 MHz para obter imagens que representem as paredes na totalidade da sua espessura. Todavia, a simples utilização desta antena não permite obter imagens de alta resolução no interior das paredes. Estas imagens só são possíveis com a utilização da antena de 800 MHz que, apesar da sua superior resolução, não consegue atravessar completamente o meio a investigar.

Aquisição no solo

A aquisição de dados no solo foi efetuada com recurso a antena de 500 MHz e os dados vão ser apresentados em modo 3D, construindo as imagens por interpolação de dados de perfis GPR 2D em modo envolvimento de sinal, tecnicamente conhecida por *envelope* [9].

A qualidade dos dados foi garantida pela realização de perfis paralelos entre si e espaçados de 0,1 m na maior parte da área do monumento. Contudo, devido à necessidade de uma rápida cobertura da área para não interferir com as cerimónias militares do render da guarda do monumento ao Soldado Desconhecido, localizado na Sala do Capítulo, o espaçamento aqui usado foi de 0,3 m.

Em todos os casos, o intervalo de aquisição de dados em cada perfil foi de 0,02 m, garantidos por leitura automática pelo odómetro do equipamento. A gravação do sinal de cada traço obtido foi feita numa janela de tempo de 100 ns, estimada para uma velocidade de propagação da energia no solo de 0,1 m/ns e profundidade de investigação entre 3 m e 4 m. O valor de janela de tempo foi majorado em 30% para garantir o registo de eventos tardios [35]. A frequência de amostragem do traço utilizada foi de 10 vezes a frequência do sinal, garantindo um bom empilhamento e uma boa reprodução do sinal evitando o fenómeno conhecido por *aliasing*.

Aquisição nas paredes

A aquisição de dados nas paredes foi efetuada em modo 2D. Assim, realizaram-se perfis com medidas a cada 0,02 m, ao longo de cada perfil, com ambas as antenas de 500 MHz e 800 MHz.

Os parâmetros de aquisição dos dados diferem de acordo com a frequência utilizada. No caso dos perfis adquiridos com 500 MHz, foi usada uma janela de tempo de 80 ns, uma vez que a espessura média das paredes varia entre 2 m e 2,5 m, medidas no local. A aquisição dos perfis com antena de 800 MHz foi efetuada com uma janela de tempo de 40 ns, de acordo com os pressupostos anteriores.

Em ambos os casos, a amostragem do sinal foi feita com uma frequência de amostragem do traço 10 vezes a frequência do sinal, mais uma vez, garantindo um bom empilhamento e evitando *aliasing*.

Processamento de dados

Os dados de GPR foram processados em software dedicado Reflex-Win 7.2 [36]. O processamento dos dados varia com fatores como a frequência utilizada, o ruído eletromagnético local, passo de amostragem e finalidade da aquisição. No entanto, genericamente o processamento consistiu nos seguintes passos: *i)* ajuste do tempo zero; *ii)* filtragem de frequência (passa-banda); *iii)* remoção do ruído de fundo (*background removal*); *iv)* função de ganho; *v)* estimativa de velocidades de propagação; *vi)* conversão tempo-profundidade; e *vii)* migração [37]. Após o processamento, os radargramas obtidos representam uma imagem 2D, em profundidade, referente a cada perfil, tendo sido interpretados individualmente.

A realização de perfis paralelos, e próximos uns dos outros, permite a análise dos dados de GPR em 3D. Para isso, os dados anteriormente processados foram interpolados e analisados para tempos de trajeto definidos, *time slices*, de acordo com a velocidade previamente estimada. Deste modo produziram-se imagens espaciais correspondentes ao tempo de trajeto analisado e profundidade estimada.

Discussão de resultados

Estudo do subsolo dentro do Mosteiro

O estudo do subsolo do Mosteiro corresponde aos espaços (A), (B) e (C) ilustrados nas Figuras 2 e 3. Da investigação com GPR efetuada no Mosteiro da Batalha, apresenta-se na Figura 4, a título de exemplo, uma fatia de tempo correspondente a uma profundidade estimada de 0,5 m. Espera-se que o subsolo sob o Mosteiro seja heterogéneo devido às condições naturais do solo e rocha base, bem como à intervenção humana que origina estruturas vulgarmente denominadas por antrópicas, por exemplo, infraestruturas, sepulturas, muros, fundações, etc.

Em termos globais, os resultados interpretados na Figura 4 permitem assinalar: fundações de colunas (1); infraestruturas, quer modernas, quer antigas (2), porventura canalizações de água e rede elétrica moderna; sepulturas (3), umas confirmadas e correspondentes a dados obtidos sobre as lapides, outras propostas de acordo com registos históricos [28]; e outras estruturas antrópicas de origem desconhecida (4).

A definição destas anomalias justifica-se pela análise dos locais onde se verifica um elevado retorno de energia refletida que, pictorialmente, corresponde às áreas e alinhamentos mais escuros, claramente destacados das zonas acinzentadas onde a energia referente de reflexão do sinal é bastante reduzida. No entanto, regiões muito pouco refletoras de geometria definida, como é o caso da anomalia 4 da sala do Capítulo (Figura 4), também têm de ser consideradas para análise devido às suas características geométricas.

A título de exemplo, apresentam-se os casos da pedra tumular de Martim Gonçalves de Macedo (à entrada da Capela do Fundador) e do lado norte do transepto da igreja, ilustrados na Figura 5.

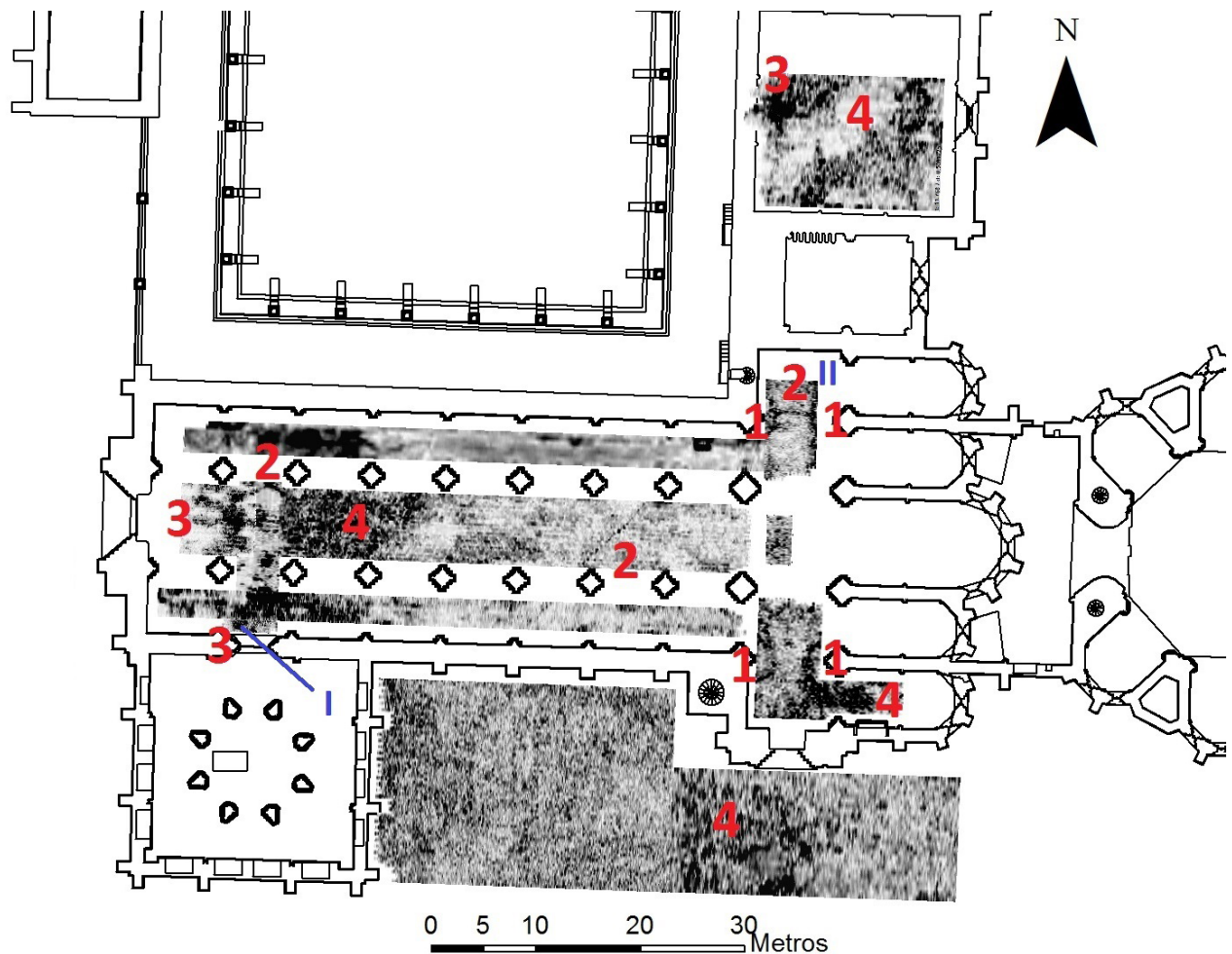


Figura 4. Representação dos dados de GPR correspondentes a uma profundidade interpretada de 0,5 m.

Lado norte do transepto da igreja

Neste local a aquisição foi executada com uma malha densa o que torna possível representar a progressão dos eventos em profundidade, a partir de fatias de tempo, proporcionando uma leitura tridimensional desta área. Claro que esta estratégia proporciona imagens volumétricas com uma capacidade de resolução muito superior aos tradicionais e convencionais radargramas 2D. Das diferentes fatias de tempo que se poderiam representar, escolheram-se as correspondentes a tempos de 11,01 ns, na Figura 6a, e de 29,16 ns, na Figura 6b, como representativas desta área.

Tal como se apresenta na Figura 6, os resultados da campanha de GPR neste local permitem identificar eventos lineares (2 e 3) e semicirculares (1). Estes eventos correspondem a reflexões muito energéticas em estruturas no subsolo, representadas por anomalias muito escuras que se destacam do fundo acinzentado de baixa energia. A estrutura linear 2 corresponde a uma infraestrutura elétrica muito superficial (0,5 m) moderna e conhecida, que não está presente na Figura 6b. A estrutura linear 3, mais profunda (1,5 m) e ausente da Figura 6a, por isso estratigraficamente mais antiga, de elevada energia, é interpretada como correspondente a uma possível infraestrutura antiga cuja origem tem

de ser investigada. Os eventos energéticos, de forma semi-circular junto à coluna 1 mantêm o seu posicionamento e características energéticas com a profundidade. Por conseguinte, correspondem às fundações da coluna e não a hipotéticas reflexões superficiais diretas originadas pela coluna, e demonstram e enraizamento profundo das colunas.

Pedra tumular de Martim Gonçalves de Macedo

A prospeção efetuada sobre a pedra tumular de Martim Gonçalves de Macedo pretendia investigar a natureza do subsolo neste local, para clarificar se a lápide à superfície corresponde efetivamente a uma sepultura, ou se seria exemplo, material rochoso e/ou cavidade. Além disso este evento apresenta características geométricas definidas, ou seja, tem uma forma quadrangular com dimensões aproximadas de 1 m por 1 m, o que reforça a interpretação desta estrutura como sendo de origem antrópica. A tracejado negro está marcada a dimensão à superfície da pedra tumular existente e é visível um desalinhamento da pedra tumular com o evento quadrangular registado.

A ser admitida ou interpretada como um monumento funerário, as dimensões reduzidas e aproximadamente quadradas conduzem a uma possível interpretação de uma estrutura tipo *ossário* e não um sepultamento convencional.



Figura 5. Áreas analisadas: a) túmulo de Martim Gonçalves de Macedo; b) transepto da igreja.

Estudos da composição das paredes

Paredes do lado nascente do claustro de D. João I

A prospeção efetuada na parede a nascente do claustro de D. João I pretendia investigar a sua estrutura interna e clarificar se o espaço existente entre a sacristia do Mosteiro e o claustro teria sido uma divisão entretanto inutilizada. A estrutura assinalada com o número 2 na Figura 8 está associada à torre principal do Mosteiro e pouco se conhece da sua constituição interna.

As paredes representadas nos locais 1 e 3 da Figura 8 têm

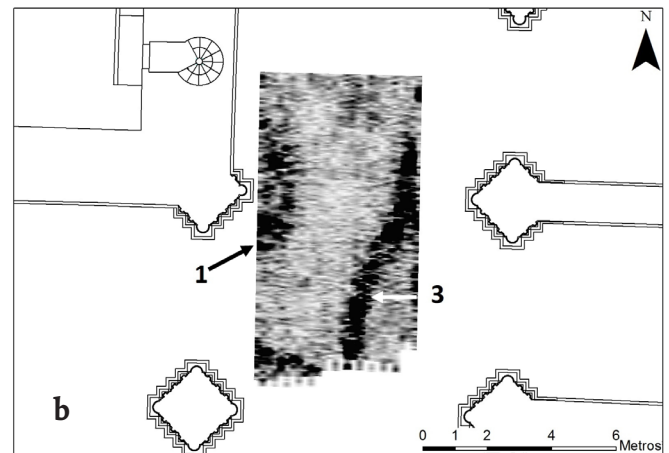
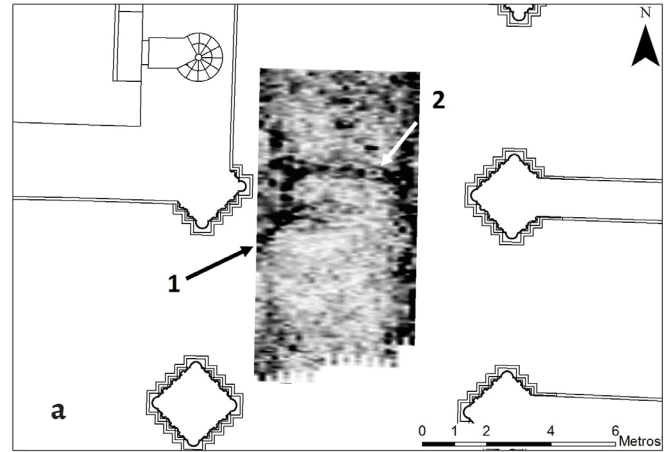


Figura 6. a) Fatia de tempo correspondente a 0,55 metros ($t=11.01ns$) de profundidade interpretada. b) Fatia de tempo correspondente a 1,5 m ($t=29.16 ns$) de profundidade.

uma espessura aproximada de 0,60 m (valores retirados de levantamento topográfico). Assim, de acordo com as técnicas construtivas então utilizadas, estas paredes devem ser constituídas por uma única alvenaria em pedra sem enchimento.

Como a finalidade destes ensaios é investigar a natureza interna das paredes nestes locais, os dados GPR vão ser apresentados sob a forma de um radargrama convencional 2D. No entanto, efetuaram-se vários radargramas a diferentes alturas das paredes que justificaram a sua homogeneidade vertical e permitiram selecionar um radargrama representativo por local. Os radargramas apresentados correspondem a uma colheita de dados a 1,50 m do chão.

As características físicas dos meios constituintes das paredes não permitiram obter imagens de boa qualidade com a frequência de 500 MHz pelo que, embora com o sacrifício da profundidade de penetração, mas com aumento da resolução, serão discutidos mais detalhadamente os dados obtidos com a antena de 800 MHz e apresentados mais sucintamente os radargramas referentes à frequência de 500 MHz, onde é mais manifesta a dificuldade de interpretação. A Figura 9 ilustra a aquisição de dados GPR numa parede do claustro de D. João I.

O processamento de dados de GPR seguiu o procedimento descrito anteriormente. Contudo aqui assume particular

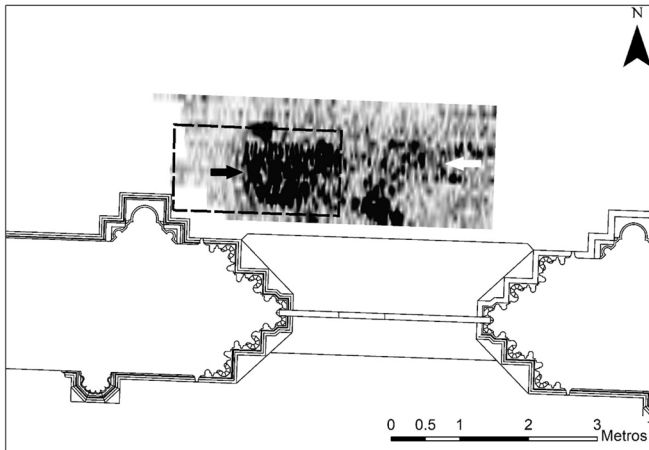


Figura 7. Fatia de tempo da prospeção efetuada sobre o túmulo de Martim Gonçalves de Macedo ($t = 0,71$ ns; profundidade de $0,71$ m).

relevância a remoção do ruído de fundo para clarificar os diferentes meios no interior das paredes. Neste caso a remoção do ruído de fundo foi efetuada subtraindo a cada traço a média de todos os traços de cada radargrama. Por outro lado, a escolha dos filtros assume particular importância uma vez que a frequência utilizada é a frequência central do equipamento e, na prática, a frequência emitida varia à volta da frequência indicada. Existem várias indicações genéricas em relação à escolha dos filtros a utilizar e, normalmente, fazem-se vários ensaios de processamento de dados utilizando diversas frequências de filtragem. No entanto, a escolha dos filtros deve considerar este último ponto, mas também as características do sinal e, nesse sentido, não promovendo eventuais distorções dos dados. Por isso, após vários testes, a escolha final dos filtros a utilizar baseou-se na análise do espectro do sinal emitido, o que permitiu estabelecer os limites inferior e superior do filtro a aplicar.

Também é de muita importância a utilização de uma velocidade de propagação adequada. Felizmente os radargramas obtidos são ricos em hipérbolas de difração, originados em heterogeneidades no interior das paredes, que permitiram o cálculo e a adoção de um valor de velocidade de propagação representativo dos meios atravessados ($v = 0,085$ m/ns). Os dados de GPR são apresentados na forma não migrada, por forma a deixar registadas as difrações e assim evidenciar as heterogeneidades no interior das paredes.

A Figura 10 mostra os radargramas assim obtidos. Embora menos pronunciada no radargrama 2, em todos os radargramas é evidente uma fronteira energética no interior das paredes a uma *profundidade* de cerca de $0,6$ m (setas negras na figura). No caso dos radargramas apresentados nas Figuras 10a e 10c, esta fronteira separa um meio caracterizado por eventos mais energéticos e próximos da superfície doutro meio mais longe da fonte transmissora. Comparando estes dados com dados experimentais em modelo físico [9], pelas suas características, esta fronteira corresponde ao fim, ou seja, à face posterior da parede. Portanto, este evento energético contínuo corresponde ao limite posterior da parede nas Figuras 10a e 10c.

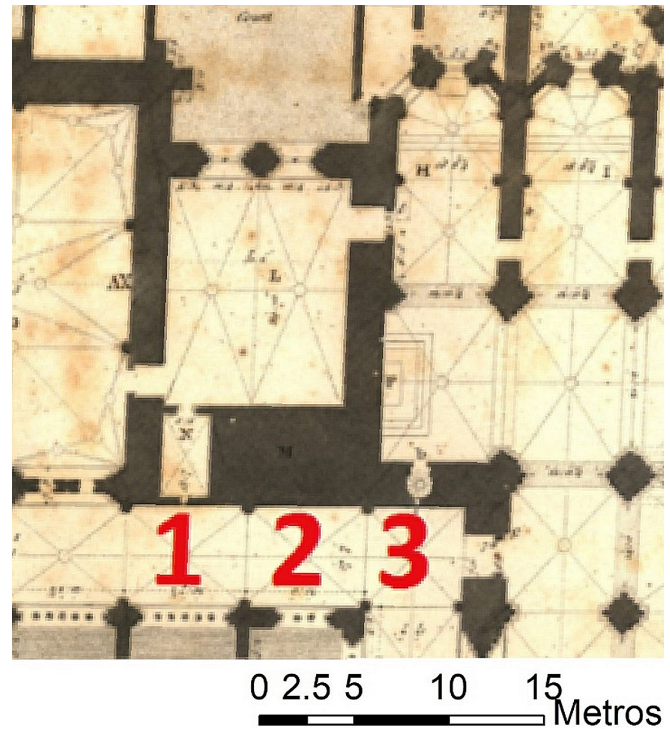


Figura 8. Localização das paredes inspecionadas no claustro de D. João I na planta de James Murphy (adaptado de [34]).



Figura 9. Aquisição GPR a 800 MHz na parede do claustro de D. João I.

No radargrama apresentado na Figura 10a, as difrações, indicadas na figura com setas brancas até à fronteira definida pelas setas a negro, correspondem à heterogeneidade da parede, diferentes blocos de calcário, interfaces entre eles, etc. Do outro lado da parede, para além dos seus limites, aparecem localmente difrações bastante energéticas. A presença destes eventos seria problemática se não fosse a resposta a paredes perpendiculares à parede original do claustro, devidamente construídas na década de 50 do século XX e, entretanto, mapeadas.

Numa primeira análise, o radargrama da Figura 10c fornece informação semelhante à obtida no radargrama da Figura 10a, ou seja, interface posterior da parede (setas negras) e difrações dentro da parede de origem semelhante. No entanto, além dos limites da parede e junto a esta interface ocorrem eventos muito energéticos (seta branca) que correspondem a reflexões do sinal na escada de pedra em caracol que existe no espaço posterior à parede, que se encontra mapeada na Figura 8. Se estes eventos forem interpretados como difrações, correspondem a uma velocidade de sinal de 0,15 m/ns, que é incompatível com a velocidade de propagação do sinal nestes meios (0,085 m/ns). De facto, para tempos de trajeto superiores aos eventos registados, as hipérbolas de difração permitem calcular valores de velocidade, que variam entre 0,07 m/ns e 0,09 m/ns, que correspondem a difrações no interior dos elementos construtivos da escada.

Assim, os radargramas das Figuras 10a e 10c revelam paredes com cerca de 0,60 m de espessura, constituídas por blocos calcários. Nas regiões abrangidas pelos radargramas não se encontram registos de difrações suscetíveis de ser atribuídas a vazios no interior das paredes.

O radargrama da Figura 10b corresponde aos dados colhidos na parede adjacente à torre principal. Neste caso, pouco se conhece sobre a constituição e geometria dos meios atravessados. No radargrama da Figura 10b o comportamento até cerca de 0,60 m (setas a preto na figura) é semelhante ao dos radargramas apresentados nas Figuras 10a e 10c, ou seja, abundância de difrações originadas pelos diferentes blocos de calcário, heterogeneidades e interfaces entre os blocos. No entanto, além desta interface, o comportamento é distinto do dos referidos radargramas. De facto, não se atingiu o limite da estrutura construída e continuam a verificar-se difrações (setas a cinza) que se mantêm até outro alinhamento contínuo (seta laranja) a uma profundidade interpretada de 0,90 m. Estas hipérbolas devem corresponder a heterogeneidades do interior da estrutura entre profundidades interpretadas de 0,60 m e 0,95 m. Para além desta interface, ainda se registam algumas difrações, porventura correspondentes a heterogeneidades mais profundas na estrutura. Para profundidades interpretadas maiores não se conseguem distinguir eventos coerentes.

Como não existem informações sobre a natureza e constituição do interior da parede, a correspondência das duas interfaces a elementos estruturais não é possível de fazer, mas as difrações devem ser atribuídas a heterogeneidades

no interior do edificado. Contudo, pode adiantar-se que a parede é constituída por um primeiro pano de blocos calcários, com cerca de 0,60 m de espessura.

Numa tentativa de investigar mais fundo este local, a Figura 11 apresenta o radargrama correspondente a uma frequência de 500 MHz. Neste caso perde-se discriminação, mas ganha-se alguma profundidade de investigação.

Assim, a Figura 11 apresenta um radargrama processado de modo a obter a melhor imagem possível, mas mantendo os princípios de processamento de dados de GPR. Com base no alinhamento e coerência do sinal de GPR, é possível observar duas interfaces (assinaladas com tracejado na figura), a profundidades de cerca de 0,60 m e 1,20 m, e um conjunto de hipérbolas referentes a difrações dentro da estrutura. Embora a primeira interface, a cerca de 0,60 m de profundidade, deva corresponder à interface já registada no radargrama apresentado na Figura 10b, as interfaces propostas devem ser tomadas com precaução, tanto mais que a segunda pode ser um múltiplo da primeira.

Parede norte da Igreja

A aquisição de dados de GPR na parede norte da Igreja, teve como objetivo o estudo da composição interna desta parede (Figura 12) que, por medidas topográficas e plantas locais, tem espessura total de cerca de 2,30m.

Neste caso, uma vez que se pretendia uma penetração máxima do sinal, utilizou-se uma antena de frequência de 500 MHz. Na Figura 13 apresenta-se o radargrama obtido.

De um modo semelhante ao radargrama da Figura 11, podem interpretar-se três interfaces pela continuidade lateral, alinhamento e coerência dos dados de GPR. A modelação destes dados com a velocidade obtida a partir das hipérbolas no radargrama permite estimar profundidades para as interfaces sugeridas. Por isso, a interpretação do radargrama da Figura 13 sugere que a seta 1 marcaria o fim da alvenaria de calcário com uma espessura de 0,5 m. A seta 2 poderá ser interpretada como o início da alvenaria em calcário, do outro lado da parede, tendo esta uma espessura estimada de cerca de 1,3 m para o enchimento da parede. De facto, a região do radargrama entre as setas 1 e 2 mostra hipérbolas de difração que deverão corresponder à heterogeneidade do enchimento. Finalmente, observou-se uma interface correspondente a uma mudança distinta do radargrama (seta 3), consistente com o final da parede, pela semelhança do comportamento obtido em modelos físicos [9]. Assim sendo, estima-se uma espessura de alvenaria em calcário de 0,5 m do lado oposto da parede.

Com a finalidade de obter uma melhor resolução do interior da parede, realizaram-se perfis com uma antena de 800 MHz, cujos resultados se apresentam na Figura 14. Neste radargrama, também com dificuldade, a seta negra corresponde ao fim da alvenaria em calcário (espessura de 0,5 m) de um lado da parede. As difrações obtidas antes desta interface correspondem aos blocos de calcário e outras heterogeneidades constituintes da parede. Após esta interface (seta

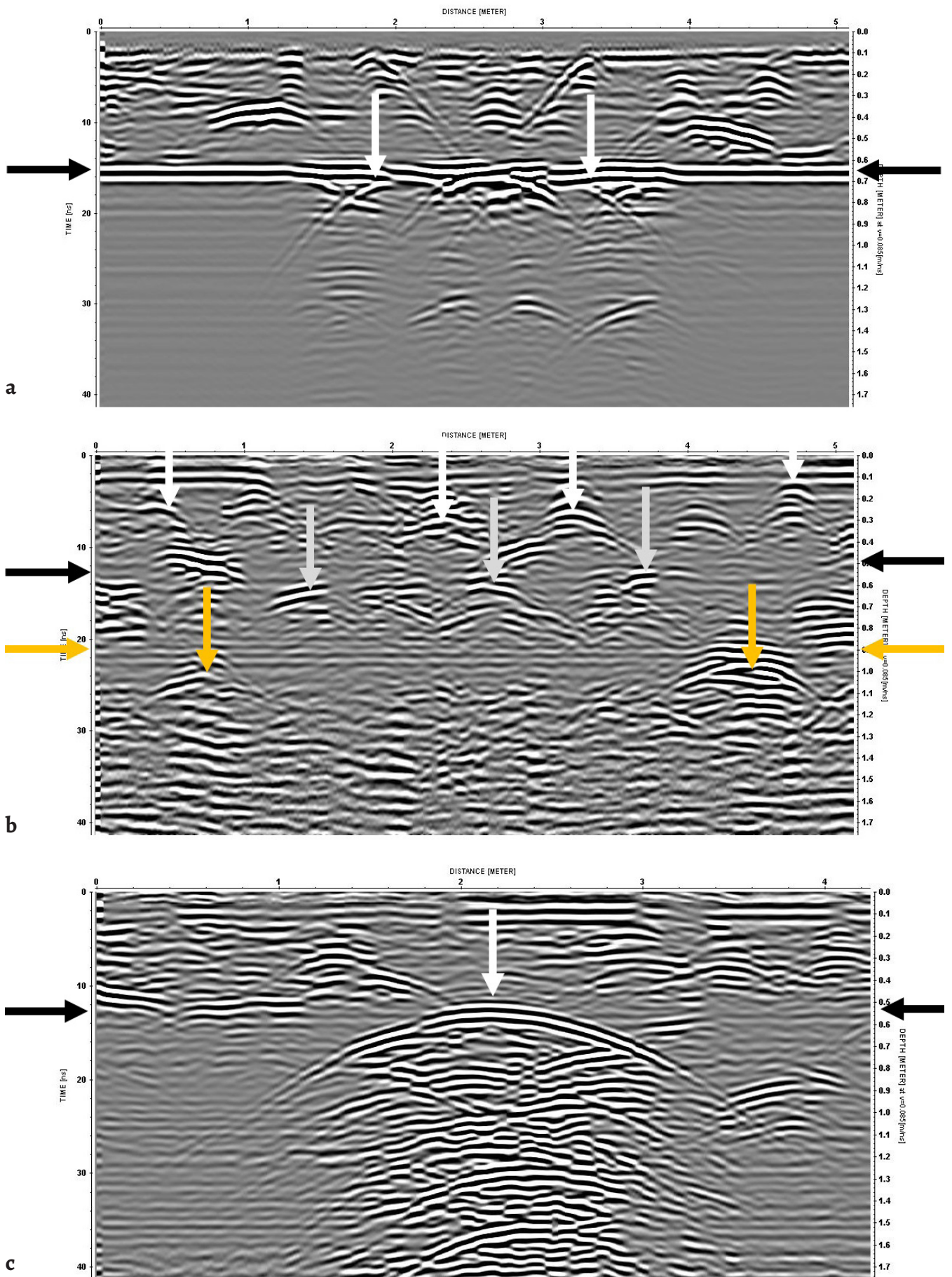


Figura 10. Radargramas correspondentes às aquisições efetuadas nas paredes este do claustro de D. João I: *a)* parede da sala da prata; *b)* parede adjacente à torre principal; *c)* parede com escada de acesso.

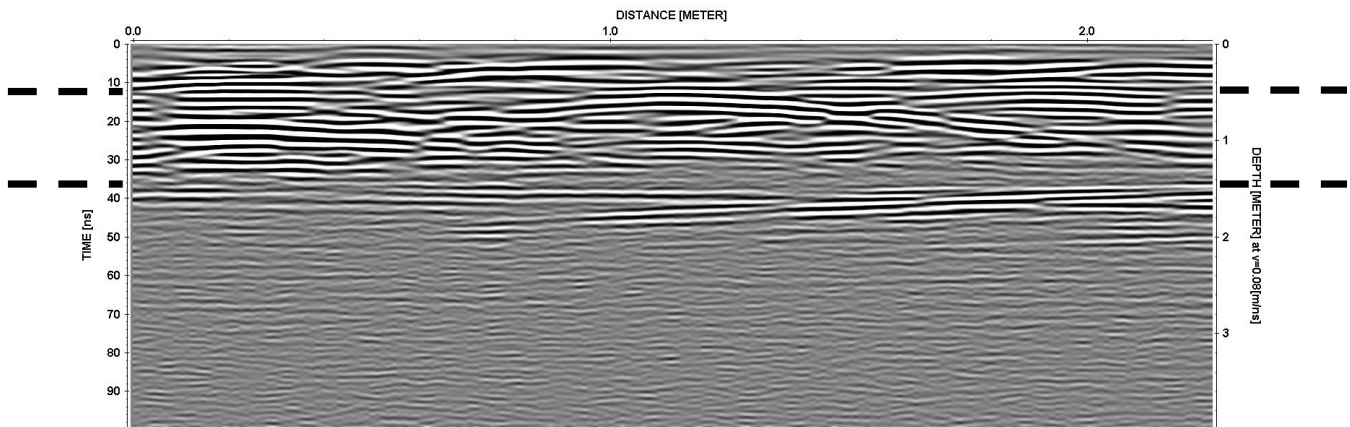


Figura 11. Radargrama (não migrado) de 500 MHz, correspondente à parede adjacente à torre principal.

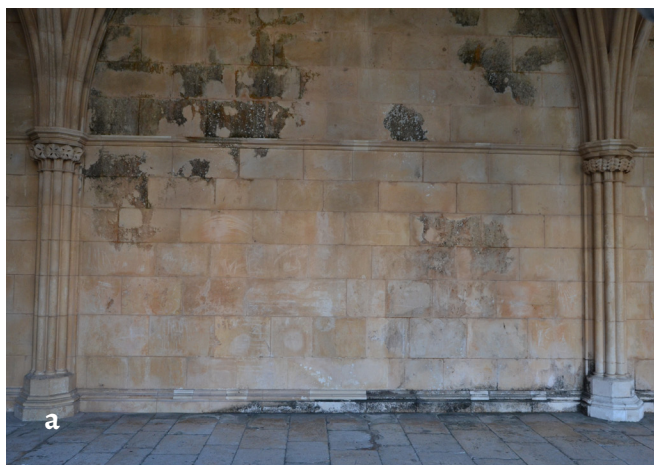


Figura 12. Aspeto da parede estudada: a) vista do lado claustro de D. João I; b) vista do interior da igreja.

negra), registam-se inúmeras hipérbolas de difração provocadas pela heterogeneidade do enchimento.

Como era expectável, o aumento da resolução provocado pela utilização da frequência de 800 MHz implicou uma redução significativa da profundidade de penetração do sinal. Assim, a frequência aqui utilizada não permite esclarecer o lado oposto da parede.

Assim, neste caso, o modelo interpretado para a parede compreende dois panos exteriores de cerca de 0,50 m e um enchimento entre os panos de cerca de 1,30 m. No radargrama da Figura 13, verifica-se uma mudança do sinal de GPR, consistente com o observado em modelos físicos [9], a uma profundidade estimada de 2,30 m, o que está de acordo com os dados topográficos locais e as plantas do Mosteiro. Na região a que se refere este radargrama não foram identificadas difrações suscetíveis de ser interpretadas como vazios ou ocos no interior da parede. No entanto, é evidente a heterogeneidade do enchimento das mesmas.

Conclusões

O método do GPR permitiu, de uma forma rápida, não invasiva (i.e., sem infligir quaisquer danos ao meio) e com redu-

zida perturbação ao normal funcionamento do Mosteiro, obter imagens importantes para o conhecimento do Mosteiro da Batalha.

Assim, os resultados aqui apresentados e discutidos permitiram:

- mapear diversos elementos sob o Mosteiro da Batalha, tais como infraestruturas, fundações, sepulturas, e outras áreas anómalas presentemente de origem desconhecida;
- investigar a estrutura interna das paredes do Mosteiro, obtendo-se informação valiosa sobre os modos e materiais de construção das paredes.

Este trabalho tem de ser entendido como um caso de estudo que comprova que a metodologia experimental aqui descrita pode e deve ser facilmente usada e adaptada a qualquer monumento ou edifício classificado para investigar a sua estrutura interna e esclarecer a natureza dos seus elementos construtivos.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao Dr. Miguel Almeida, da Dryas, todo o apoio proporcionado, ao Diretor do Mosteiro da Batalha, Dr. Joaquim Ruivo, ao Município da Batalha e à Fundação da Ciência e Tecnologia (projeto GeoBioTec PEst-OE/CTE/UI4035/2014).

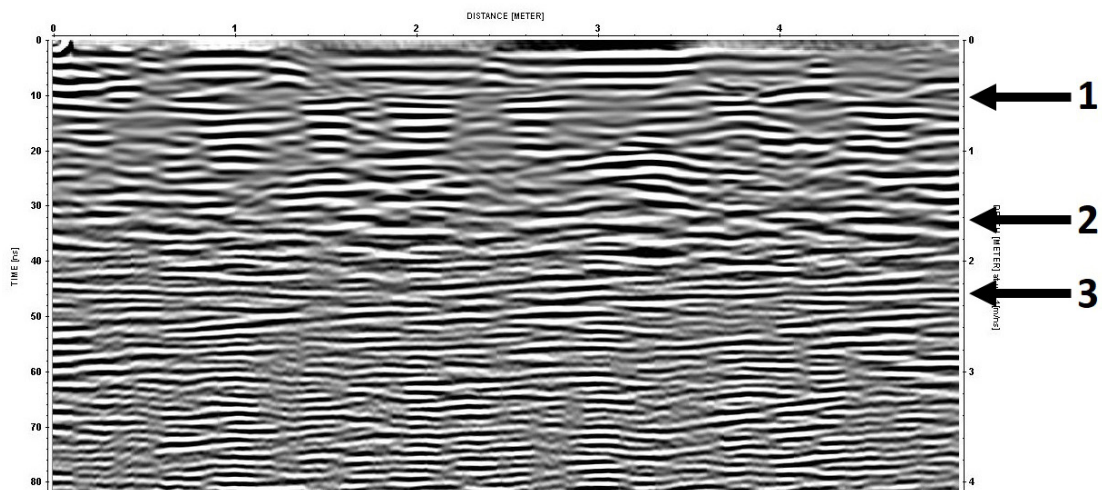


Figura 13. Radargrama da frequência de 500 MHz, obtido na parede norte da igreja.

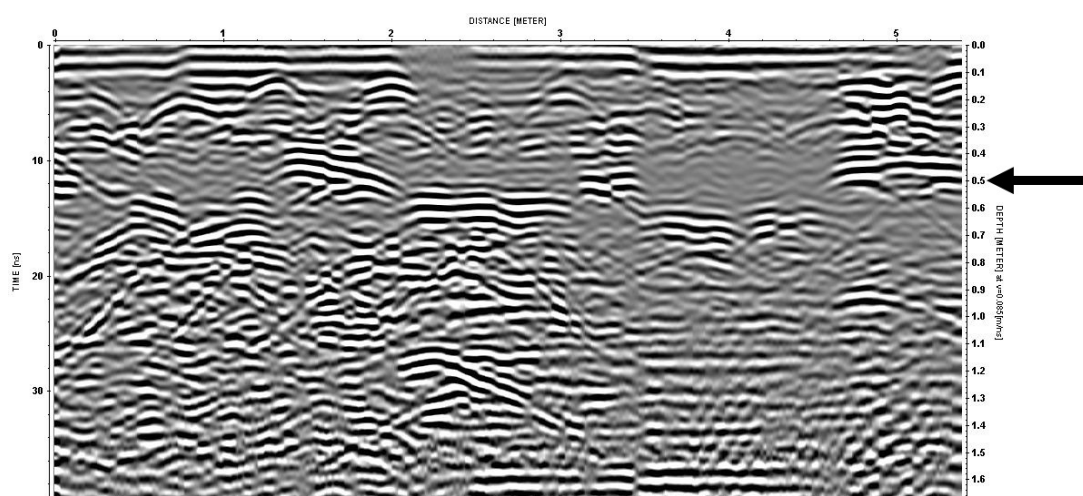


Figura 14. Radargrama obtido na parede norte da igreja para a frequência de 800 MHz.

REFERÊNCIAS

1. Corbusier, Le; Eardley, A., *The Athens Charter*. Grossman Publishers, New York (1973).
2. ICOMOS Australia, *The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*, Australia ICOMOS, Burwood (1999).
3. 'Cracow Charter 2000', in *International Conference on Conservation Krakow 2000*, Krakow (2000) 191-193.
4. 'Carta de Lisboa sobre reabilitação urbana integrada 1995', https://www.culturante.pt/fotos/editor2/1995__carta_de_lisboa_sobre_a_reabilitacao_urbana_integrada-1%C2%BA_encontro_luso-brasileiro_de_reabilitacao_urbana.pdf (acesso em 2019-1-8).
5. Feilden, B., *Conservation of Historic Buildings*, 3rd ed., Architectural Press, Oxford (2003).
6. Aguiar, J., 'Património cultural e os paradigmas da conservação e da reabilitação: ontem!', documento, Ordem dos Arquitetos, Lisboa (2008).
7. Barraca, N.; Almeida, N.; Varum, H.; Almeida, F.; Matias, M., 'A case study of the use of GPR for rehabilitation of a classified Art Deco building: The InovaDomus house', *Journal of Applied Geophysics* **127** (2016) 1-13, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2016.02.002>.
8. Nazarian, S.; Xiong, Y.; Rosenblad, B. (eds.), *Innovative Applications of Geophysics in Civil Engineering*, American Society of Civil Engineers, Denver (2007), <https://doi.org/10.1061/9780784409084>.
9. Tareco, H.; Grangeia, C.; Varum, H.; Matias, M. S., 'A high resolution GPR experiment to characterize the internal structure of a damaged adobe wall', *First Break*, **27**(8), (2009) 79-84.
10. Coutinho, R. Q.; Mayne, P. W. (eds.), *Geotechnical and Geophysical Site Characterization*, CRC Press, Boca Raton (2012), <https://doi.org/10.1201/b13251>.
11. Barraca, N.; Almeida, M.; Varum, H.; Matias, M. S., 'The use of GPR in the rehabilitation of built heritage', in *Near Surface Geoscience 2014 – 20th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics*, Athens (2014), <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20141998>.
12. Neto, M., *James Murphy e o Restauro do Mosteiro de Santa Maria da Vitória no Século XIX*, Editorial Estampa, Lisboa (1997).
13. Cosentino, P. L.; Deganello, S., 'High-resolution microgeophysics: a fascinating challenge. I. Detection of thin patinas', *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata* **44**(3-4) (2003) 169-179.

14. Piro, S.; Negri, S.; Quarta, T. A. M.; Pipan, M.; Forte, E.; Ciminale, M.; Capizzi, P.; Sambuelli, L., 'Geophysics and cultural heritage: a living field of research for Italian geophysicists', *First Break* **33**(8) (2015) 43-54.
15. Cosentino, P. L.; Capizzi, P.; Martorana, R.; Messina, P.; & Schiavone, S., 'From geophysics to microgeophysics for engineering and cultural heritage', *International Journal of Geophysics* (2011) 428412, <https://doi.org/10.1155/2011/428412>.
16. Panisova, J.; Fraštica, M.; Wunderlich, T.; Paštka, R.; Kušnirák, D., 'Microgravity and ground penetrating radar investigations of subsurface features at the St Catherine's Monastery, Slovakia', *Archaeological Prospection* **20**(3) (2013) 163-174 <https://doi.org/10.1002/arp.1450>.
17. Castellaro, S.; Imposa, S.; Barone, F.; Chiavetta, F.; Gresta, S., Mulargia, F., 'Georadar and passive seismic survey in the Roman amphitheatre of Catania (Sicily)', *Journal of Cultural Heritage* **9**(4) (2008) 357-366, <https://doi.org/10.1016/j.cul-her.2008.03.004>.
18. Capitani, D.; Di Tullio, V.; Proietti, N., 'Nuclear magnetic resonance to characterize and monitor cultural heritage', *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* **64** (2012) 29-69, <https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2011.11.001>.
19. Leucci, G.; Persico, R.; Soldovieri, F., 'Detection of fractures from GPR data: the case history of the Cathedral of Otranto', *Journal of Geophysics and Engineering* **4**(4) (2007) 452, <https://doi.org/10.1088/1742-2132/4/4/011>.
20. Bavusi, M.; Soldovieri, F.; Piscitelli, S.; Loperte, A.; Vallianatos, F.; Soupios, P., 'Ground-penetrating radar and microwave tomography to evaluate the crack and joint geometry in historical buildings: some examples from Chania, Crete, Greece', *Near Surface Geophysics* **8**(5) (2010) 377-387, <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2010039>.
21. Sass, O.; Viles, H. A., 'How wet are these walls? Testing a novel technique for measuring moisture in ruined walls', *Journal of Cultural Heritage* **7**(4) (2006) 257-263, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.08.001>.
22. Sass, O.; Viles H. A., 'Wetting and drying of masonry walls: 2D-resistivity monitoring of driving rain experiments on historic stonework in Oxford, UK', *Journal of Applied Geophysics* **70**(1) (2010) 72-83, <https://doi.org/10.1016/j.jap-geo.2009.11.006>.
23. Chávez, R. E.; Tejero, A.; Cifuentes, G.; Hernández, E.; Aguilar, D., 'Imaging fractures beneath a residential complex using novel 3-D electrical resistivity arrays', *Journal of Environmental and Engineering Geophysics* **20**(2) (2015) 219-233, <https://doi.org/10.2113/JEEG20.3.219>.
24. Almeida, F.; Barraca, N.; Moura, R.; Matias, M., 'Odd-even pole-pole array and 3D resistivity surveys in urban and historical areas', in *Near Surface Geoscience 2016-22nd European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* (2016), <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201601965>.
25. Cataldo, R.; De Donno, A.; De Nunzio, G.; Leucci, G.; Nuzzo, L.; Siviero, S., 'Integrated methods for analysis of deterioration of cultural heritage: the Crypt of Cattedrale di Otranto', *Journal of Cultural Heritage* **6**(1) (2005) 29-38, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2004.05.004>.
26. Faella, G.; Frunzio, G.; Guadagnuolo, M.; Donadio, A.; Ferri, L., 'The church of the Nativity in Bethlehem: Non-destructive tests for the structural knowledge', *Journal of Cultural Heritage* **13**(4) (2012) e27-e41, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.10.014>.
27. Martinho, E.; Dionísio, A., 'Main geophysical techniques used for non-destructive evaluation in cultural built heritage: a review', *Journal of Geophysics and Engineering* **11**(5) (2014) <https://doi.org/10.1088/1742-2132/11/5/053001>.
28. Grangeia, C.; Matias, M.; Figueiredo, F.; Hermozilha, H.; Carvalho, P.; Silva, R., 'A multi-method high-resolution geophysical survey in the Machado de Castro museum, central Portugal', *Journal of Geophysics and Engineering* **8**(2) (2011) 351-365, <https://doi.org/10.1088/1742-2132/8/2/020>.
29. Matias, M. S.; Almeida, F.; Barraca, N., *Integrated High Resolution Geophysical Investigation of a Monastery*, Lambert Academic Publishing, Beau Bassin (2017).
30. Matias, M. S.; Almeida, F.; Ribeiro, J.; Moura, R.; Ruivo, J.; Barraca, N., *Anatomia de um Mosteiro – Estudo Geofísico do Mosteiro da Batalha*, Câmara Municipal da Batalha, Batalha (2017).
31. Almeida, F.; Moura, R.; Barraca, N.; Costa, C.; Terroso, D.; Matias, M., 'Caracterização multidisciplinar de eflorescências salinas no Mosteiro da Batalha', comunicação, *Congresso da Reabilitação do Património*, Universidade de Aveiro, Aveiro (2017).
32. Lai, W. W. L.; Dérobert, X.; Annan, P., 'A review of ground penetrating radar application in civil engineering: A 30-year journey from locating and testing to imaging and diagnosis', *NDT & E International* **96** (2017) 58-78, <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.04.002>.
33. Almeida, C. A. F. D.; Barroca, M. J., *História da Arte em Portugal. O Gótico*, Editorial Presença, Lisboa (2002).
34. Murphy, J., *Plans Elevations Sections and Views of the Church of Batalha, in the province of Estremadura in Portugal*, London (1795).
35. Annan, A. P.; Cosway, S. W., 'Ground penetrating radar survey design', in *5th EEGS Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, SAGEE'92, Oak Brook (1992) 329-352, <https://doi.org/10.4133/1.2921946.36>.
36. Sandmeier, K. J., *ReflexW 2D GPR Data Analysis Module Manual*. Sandmeier Geophysical Software Research (2010).
37. Daniels, J. J., 'Ground penetrating radar fundamentals', Prepared as an appendix to a Report to the US EPA, Region V, (2000) 1-21.

RECEBIDO: 2018.11.9

REVISTO: 2019.1.8

ACEITE: 2019.1.29

ONLINE: 2019.3.18



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>.

Cada instituição, um fragmento: problemática da dispersão da coleção arqueológica marajoara Dita Acatauassu (Amazônia, Brasil)

MARIA SANTANA SIMAS^{1,*} 

CASSIA DA ROSA²

CRISTIANA BARRETO¹ 

HELENA PINTO LIMA¹ 

1. Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém, Pará, Brasil

2. Sistema Integrado de Museus, Secretaria de Estado de Cultura, Belém, Pará, Brasil

* mmsimas@gmail.com

A fragment in each institution: the dispersion of Dita Acatauassu Marajoara Archaeological Collection (Amazonia, Brazil)

Resumo

As coleções de cerâmica arqueológica formadas por particulares durante o século XIX e XX resultaram de uma prática comum na Amazônia e vêm sendo depositadas em museus brasileiros e internacionais. Estas tornam-se objeto de estudo em diversos campos, apesar da dificuldade da recuperação de informações. Neste artigo foi realizado o estudo da coleção Dita Acatauassu, da ilha do Marajó, com o objetivo de obter a guarda definitiva pelo Museu Paraense Emílio Goeldi. Os resultados indicados pela análise morfológica e decorativa dos 613 fragmentos permitiram reorganizar 40% da coleção. Além disso, o diagnóstico dos resíduos de intervenções anteriores e fraturas recentes, em confronto com a documentação, permitiram verificar a existência de fragmentos em outras instituições museais pertencentes aos mesmos objetos, originando por vezes peças quase completas. Colocam-se questões complexas e inéditas relacionadas à conservação e gestão de coleções arqueológicas, doações e descontextualização dos achados, política de comodatos e partilha de coleções de objetos compostos por fragmentos sob a guarda de diferentes instituições.

Abstract

Private collecting of archaeological ceramics was a common practice in Amazonia during the 19th and 20th centuries, and the collected material has been deposited in a number of Brazilian and international museums. Those collections have become the object of study in various areas, despite the difficulty in retrieving original information. This paper analyses the Dita Acatauassu collection from Marajó Island, for an eventual permanent custody by the Museu Paraense Emílio Goeldi. Results of morphological and decoration analysis of 613 individually inventoried fragments allowed for the reorganisation of 40% of the holdings. In addition, a diagnosis of residues of previous interventions and recent fractures, compared to the documentation, determined the existence of fragments belonging to the same objects in two other institutions sometimes adding up to almost complete items. Complex and unique issues related to the conservation and management of archaeological collections, donations and decontextualisation of holdings, loan policies and collection sharing of objects formed by fragments in the care of different institutions are discussed.

PALAVRAS-CHAVE

Cerâmicas
arqueológicas
Colecionismo
Conservação e gestão
do Patrimônio
Museus de Arqueologia

KEYWORDS

Archaeological ceramics
Collecting
Heritage conservation
and management
Museums of Archaeology

Introdução

Localizada no delta do Amazonas, junto da linha do Equador, a norte do Estado do Pará, a ilha do Marajó é considerada a maior ilha fluvial do mundo, com uma área equivalente a 59 044 km² [1]. Entrecortada por rios, apresenta paisagens ecológicas contrastantes que vão da floresta densa às áreas de vegetação de várzea, abrangendo também manguezais [2].

Este ambiente foi o local de habitação de povos pré-coloniais com diferentes tradições ceramistas, sendo a mais conhecida a que hoje chamamos de marajoara. Grandes quantidades desta cerâmica, datada de entre 350 e 1400 d.C., são geralmente localizadas nos tesos [2-4], plataformas construídas de terra (8-12 m de altura), que se destacam das superfícies planas que compõem a ilha. Teriam sido construídos inicialmente para proteção das inundações. No entanto, pelo seu destaque no terreno, foram rapidamente associados ao prestígio e liderança, sobre eles se desenvolveram atividades domésticas, agrícolas rituais e festivas [5], identificadas pela abundância de vestígios cerimoniais e funerários. A cerâmica marajoara representa sem dúvida uma das mais complexas das muitas tradições ceramistas que se desenvolveram na bacia Amazônica, destacando-se pela diversidade de técnicas decorativas plásticas e cromáticas e pela complexidade dos motivos gráficos [6-7]. Essa profusão de cerâmica despertou o interesse de estrangeiros e arqueólogos amadores que durante os séculos XIX e XX exploraram os tesos em busca de peças arqueológicas para as suas coleções particulares e formação de coleções para museus, acabando por chamar a atenção dos fazendeiros de Marajó pela possibilidade de atribuir valor monetário às peças por eles coletadas.

Muitas dessas coleções foram espalhadas por diversas instituições e provêm destas coletas fortuitas ou mesmo de pilhagens intencionais; museus e colecionadores acabaram por comprá-las ou recebê-las em comodato para salvaguarda. São, em geral, fruto de coletas irregulares, pouco documentadas e com nenhum critério científico [8]. Até recentemente foram desprezadas pelas pesquisas científicas, vista a falta de dados de contexto arqueológico. Contudo, alguns trabalhos específicos com coleções de museus têm demonstrado o potencial destas peças, sobretudo para estudos iconográficos [6, 8-9].

Além disso, por representarem o que havia de mais vistoso nos acervos de arqueologia brasileira, as peças marajoaras muitas vezes serviram de *moeda de troca* para a permuta entre museus brasileiros e estrangeiros. Hoje sabemos que existem peças marajoara espalhadas por, pelo menos, 7 museus brasileiros, 9 museus norte-americanos e 11 museus europeus [8, p. 123; 9]. Estão ainda presentes em muitas coleções particulares no Brasil e no estrangeiro e, mais recentemente, vêm sendo comercializadas em galerias de arte pré-colombiana e casas de leilão na Europa.

O Museu Nacional de Etnologia (MNE), em Lisboa, é também exemplo destas instituições, em da perspectiva etnográfica dos anos 1960 [9]. A instituição dispõe no seu acervo um

conjunto de cerâmica marajoara fruto de uma expedição realizada Victor Bandeira, a incentivo de Jorge Dias, diretor do precedente Museu de Etnologia do Ultramar. A coleção formada insere-se na continuidade de viagens financiadas com o objetivo de efetuar recolhas etnográficas em África, Ásia e América. O seu recente estudo discute estas coleções descontextualizadas e constituídas a partir de uma visão colecionista que ultrapassa a arqueológica, gerando graves problemáticas para as instituições [9]. Estes acervos marajoaras veiculam uma reflexão sobre o próprio ato de colecionar e os seus critérios, sobretudo pela primazia dada aos objetos inteiros, de maior qualidade estética, afastando-se de uma recolha arqueológica sistemática e do seu registo científico.

Deste modo, apesar da quantidade de objetos saqueados dos sítios arqueológicos na ilha do Marajó, temos um bom corpo de pesquisas científicas realizadas. A partir da década de 1950, as pesquisas arqueológicas começaram a oferecer resultados baseados em escavações científicas. Inicialmente o trabalho desenvolvido pelos arqueólogos Betty Meggers e Clifford Evans estabeleceu cinco fases arqueológicas para a cerâmica da ilha do Marajó, dentre elas a fase marajoara, que foi classificada dentro da tradição policroma, com variações que combinam técnicas de manufatura [4]. Atualmente, com os resultados das pesquisas de Roosevelt [5] e Schaan [10], temos um panorama mais amplo sobre os contextos da cerâmica marajoara.

Assim, sabe-se que os produtores da cerâmica marajoara desenvolveram técnicas elaboradas, sugerindo uma especialização desta atividade por determinadas pessoas do grupo. Aplicando um sistema simbolicamente sofisticado, a decoração das cerâmicas era feita com recurso à representação de corpos híbridos de animais e humanos, coerente com as ideologias animistas que marcam as sociedades indígenas da Amazônia [11]. Revelava-se numa forma coerente de ordenar o mundo e enchê-lo de significado através a utilização de cobras, lagartos, escorpiões, tartarugas, pássaros, macacos e onças em reunião com motivos geométricos inspirados em volutas, espirais, linhas duplas, degraus e círculos [12]. Frequentemente, várias técnicas decorativas eram utilizadas no mesmo objeto. As variações de efeitos visuais eram conseguidas pelos signos decorativos combinados com as técnicas plásticas de incisão, excisão e aplicação de apêndices e as técnicas pictóricas pelo contraste entre o engobo branco ou amarelo, sobre o qual era aplicada uma pintura vermelha, laranja ou preta [7, 9].

Através da análise morfológica e decorativa de uma coleção composta essencialmente por fragmentos de técnicas decorativas tão variadas, propõe-se efetuar uma reflexão sobre a problemática dos espólios arqueológicos formados a partir do espírito colecionista e dispersos em diferentes instituições. Do mesmo modo, pretende-se avaliar o potencial do estudo destes acervos numa perspetiva interinstitucional e as estratégias de preservação entre museus de espólios com origem comum.

As coleções Dita Acatauassu

Apesar de ser chamada como *dona* Dita, na verdade o seu nome era Heronides de Albuquerque Acatauassu Nunes (1909-2007), tendo sido casada com o engenheiro agrônomo Domingos Acatauassu Nunes (1906-1989), conhecido como Dominguinhos. O casal ganhou de herança a fazenda Santa Cruz Tapera, no município de Soure, ilha do Marajó, que permaneceu sendo usada para criação de gado [13]. Como tantas outras propriedades da ilha do Marajó, estava cercada de tesos de onde provavelmente foram coletadas as peças que hoje compõem as diversas coleções que foram localizadas.

As informações relativas à formação das coleções de Dita Acatauassu são mínimas, considerando que a referência sobre a procedência dos materiais está sobretudo associada à propriedade denominada Fazenda Santa Cruz Tapera, sem detalhamento adicional sobre a localização dos tesos dos quais teriam sido retiradas as peças, por ordem de quem e em que período.

Após a morte de seu marido, a proprietária da fazenda começou um processo de desmembramento da coleção. A princípio uma parte da coleção foi encaminhada para o Museu do Estado do Pará, ainda em 1991. Em 2002, mais uma vez o governo do estado incorporou mais algumas peças do acervo arqueológico de Dita Acatauassu, para compor a exposição de arqueologia amazônica do recém-criado Museu do Forte [14].

Entre 2003 e 2004, parte da coleção foi vendida ao colecionador Edegar Cid Ferreira, proprietário do extinto Banco Santos, para incorporar nas coleções do Instituto Cultural Banco Santos. Com a falência deste, o Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo (MAE-USP) foi designado como fiel depositário da coleção arqueológica em 2005.

Pela inexistência de herdeiros diretos, após a morte de *dona* Dita, a coleção arqueológica que ainda possuía tornou-se parte de um processo que culminou no encaminhamento, para guarda provisória, ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) em 2009 e 2012. É possível que ainda existam mais peças dispersas em outros museus ou coleções particulares, porque é sabido que na ilha do Marajó pequenas coleções eram negociadas para diversos fins, como moeda de troca ou presentes, facilitando a dispersão das mesmas [15].

Metodologia

A coleção em estudo compõe-se de um conjunto de objetos e fragmentos do Instituto do Patrimônio Artístico Nacional do Brasil (IPHAN) sob comodato no MPEG. O acordo tem os seguintes objetivos: classificação, conservação e restauro, curadoria e recomendação para possível partilha e doação ao Museu do Marajó. Esta instituição localiza-se no município de Cachoeira do Arari, na ilha de Marajó [16], e solicita a devolução de algumas coleções marajoaras que se encontram no MPEG. A metodologia aplicada passou pelo diagnóstico

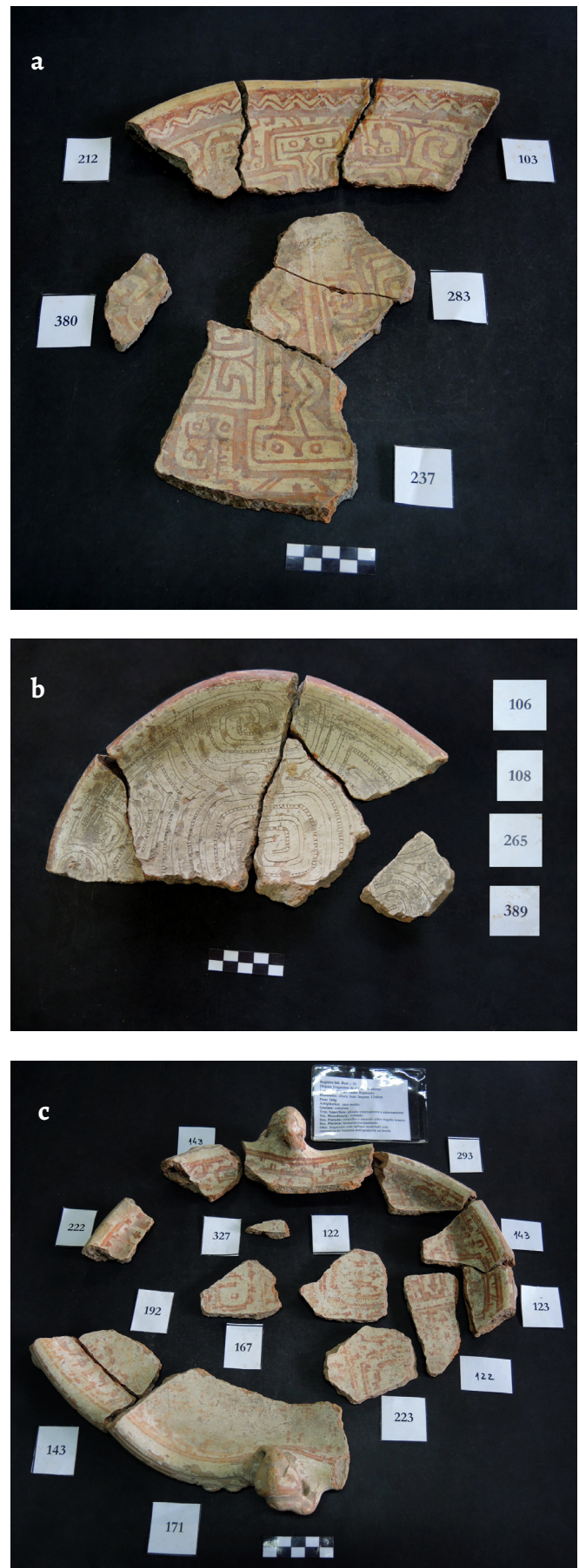


Figura 1. Esquemas de montagem: a) conjunto 103; b) conjunto 106; c) conjunto 122. A numeração dos conjuntos é atribuída pelo primeiro fragmento da listagem, sendo esta elaborada sequencialmente do menor para o maior número de inventário.

dos fragmentos ao nível das suas patologias e intervenções pós-escavação, cruzando os dados de inventário e a documentação presentes nas diversas instituições de guarda do espólio original: arquivos de doação, comodato, transferência e intervenção. Como primeira etapa foi verificada a localização de todos os fragmentos inventariados pelo IPHAN no acervo. Observou-se durante este processo que vários fragmentos tinham técnicas de fabrico e decoração bastante semelhantes entre si, podendo verificar-se que se tratava de fragmentos do mesmo objeto. Desta forma, procedeu-se à reunião desses grupos através da distribuição e reorganização dos fragmentos segundo o modo de fabrico: a pasta, a espessura, volumetria, técnica de decoração, cor e desenho. Os fragmentos pertencentes a um mesmo objeto foram reunidos num novo conjunto, tendo sido reunidos 255 fragmentos em 59 grupos, equivalendo este processo à reorganização de cerca de 40% da coleção.

Apesar da cerâmica marajoara apresentar uma enorme padronização nos tipos cerâmicos, com um repertório bastante rígido em termos da associação dos elementos morfológicos e decorativos e com muitos objetos quase idênticos, foi através da análise das diferenças tão marcadas entre as técnicas de decoração que conseguimos identificar cada objeto com características particulares que o distinguem. Esta análise foi realizada pela distinção da pintura e engobo, dos padrões e decorações desenhadas, em conjugação com as incisões e excisões e os retoques de pintura posteriores e utilização de apêndices. Apesar da repetição de alguns padrões espiralados, motivos zoo e antropomórficos, estes foram aplicados de forma diferenciada nos objetos, tornando singular cada peça. A identificação foi feita pela distinção da frente e do verso dos objetos, o seu grafismo, a profundidade das incisões, a largura dos traços e os vários contrastes entre os engobos e a pintura.

Após a reunião dos conjuntos, foi realizado um diagnóstico a nível estrutural, nível de superfície, material externo depositado e intervenções anteriores e, em paralelo, identificados os fragmentos que poderão ser unidos e apresentado o esquema de montagem (Figura 1). Verificou-se que uma parte considerável dos fragmentos tem fraturas recentes, encontrando-se alguns dos pares resultantes da fratura dentro do conjunto, e observou-se arestas com excesso de cola e resíduos de fita adesiva-cola (Figura 2). Este fato deverá ser a intervenções não qualificadas com a intenção de restituir a unidade dos objetos quebrados, sendo também indicadora de possível existência de fragmentos noutros conjuntos da coleção original.

Pela análise primária de duas das dez caixas de fragmentos da coleção Dita Acatauassu sob guarda do Museu do Forte, em comodato no MPEG, podemos encontrar vários fragmentos pertencentes aos mesmos objetos do conjunto IPHAN. Esta informação foi ainda complementada com a análise dos registos fotográficos da base de dados do MAE-USP, tendo sido formados 11 novos conjuntos que englobam 42 fragmentos das três coleções. Na Figura 3 é apresentado o exemplo de

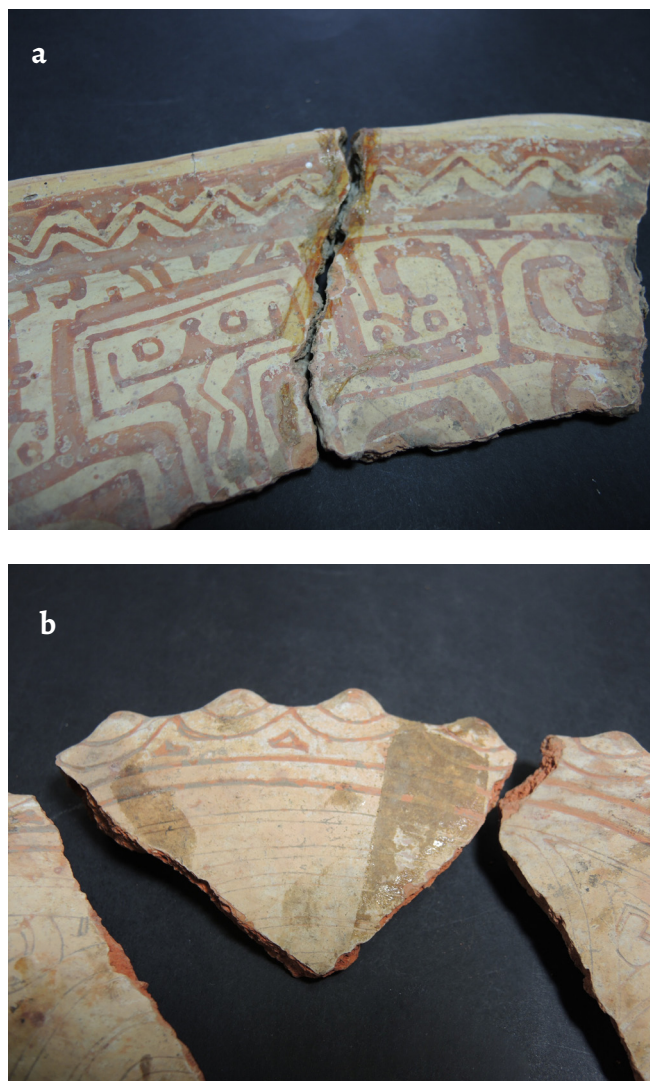


Figura 2. Resíduos de intervenções anteriores: a) excesso de cola amarelecida; b) resíduos de fita-cola utilizada para unir fragmentos recentes identificados pelas arestas de cor viva.

uma peça fragmentada e distribuída por três instituições, tendo cada uma à sua guarda dois dos fragmentos, completando o objeto em cerca de 80% relativamente ao original.

Alguns dos objetos das duas coleções do IPHAN e do Museu do Forte, em comodato no Museu Goeldi, foram intervencionados em separado nesta última instituição sem ter sido realizado o cruzamento de dados dentro dos próprios acervos. Observa-se no procedimento de conservação e restauro da vasilha RL8, do conjunto de IPHAN 2012, que foram preenchidas e reintegradas as áreas de lacuna a que correspondem exatamente 18 fragmentos do conjunto IPHAN 2009. A mesma situação sucede com o prato D198 (Museu do Forte) que se torna quase completo pela junção dos dois fragmentos da coleção IPHAN (Figura 4). Verifica-se que, apesar de ambos os acervos se encontrarem depositados na instituição com a mesma designação (Dita Acatauassu), têm sido considerados formalmente conjuntos distintos sem qualquer relação.

Discussão

O estudo permite interrogar as estratégias de conservação de coleções arqueológicas, a colaboração entre os museus e a forma de divulgação de espólios comuns, assim como questionar a valorização das coleções de acordo com o seu estado de conservação e os estudos que se podem desenvolver considerando o caráter fragmentário e heterogêneo das mesmas [17; 18, pp. 12-13]. Um dos aspetos importantes no estudo de coleções é a avaliação dos critérios envolvidos na formação das mesmas e o resgatar de informações e a sua recontextualização. Ora, o estudo da procedência e da documentação gerada tanto primária (de campo) quanto de laboratório pode ser potenciador dessa informação [19]. Os exemplos estudados representam verdadeiros mosaicos, em que cada instituição colabora para formação do objeto com um ou mais fragmentos (Figuras 3 e 4). Apenas pelo diálogo e colaboração institucional se poderão gerar objetos mais completos e valorizar as coleções, prevalecendo o debate sobre soluções para a gestão do patrimônio desmembrado entre instituições diversas.

No Brasil, o patrimônio arqueológico constitui-se um bem da União, estando sob a guarda e proteção do Estado, tendo como órgão de preservação do patrimônio cultural o IPHAN, autarquia federal vinculada ao Ministério da Cultura [20-21]. A este órgão cabe indicar e receber as informações de instituições de guarda e pesquisa. Os museus, como depositários das coleções, deverão colaborar entre si, visando a articulação e mediação, numa gestão integrada dos acervos e processos museológicos (Art. 2, VI, Arts. 55 e 58 – Lei 11.904, de 14 de janeiro de 2009 [22]).

Desta forma, como perspectivas de estudo da coleção, seria crucial considerar as três coleções Dita Acatauassu e seus subconjuntos como tendo a mesma origem e analisá-las segundo a mesma metodologia. Só através da reorganização das coleções e pelo cruzar de informação, os fragmentos perderão o carácter unitário e poderão ser enquadrados num conjunto pertencente a um mesmo objeto, permitindo em alguns casos se formar peças quase completas (Figura 4), ou que representem uma grande percentagem do objeto (Figura 3).

Por outro lado, a conservação passa também pela preservação da informação, pelo reunir das várias partes de um mesmo objeto e identificação da localização dos fragmentos desse mesmo objeto. O diagnóstico dos conjuntos permite estabelecer prioridades de conservação [23], sugerir níveis de intervenção e perspetivar, pela análise das fraturas recentes e excesso de cola, o potencial dos conjuntos formados e a extensão em que podem ser completados. Este tipo de análise permite estabelecer medidas a salvaguarda e gestão dos acervos promovendo a sua integração [24-25]. Os conjuntos formados são representativos dos objetos originais, em termos de morfologia e decoração, pelo que a sua intervenção de conservação e restauro permitirá, para além da preservação, a valorização da leitura através da limpeza, consolidação e união física dos fragmentos.

Da mesma forma, tal como verificado no estudo da

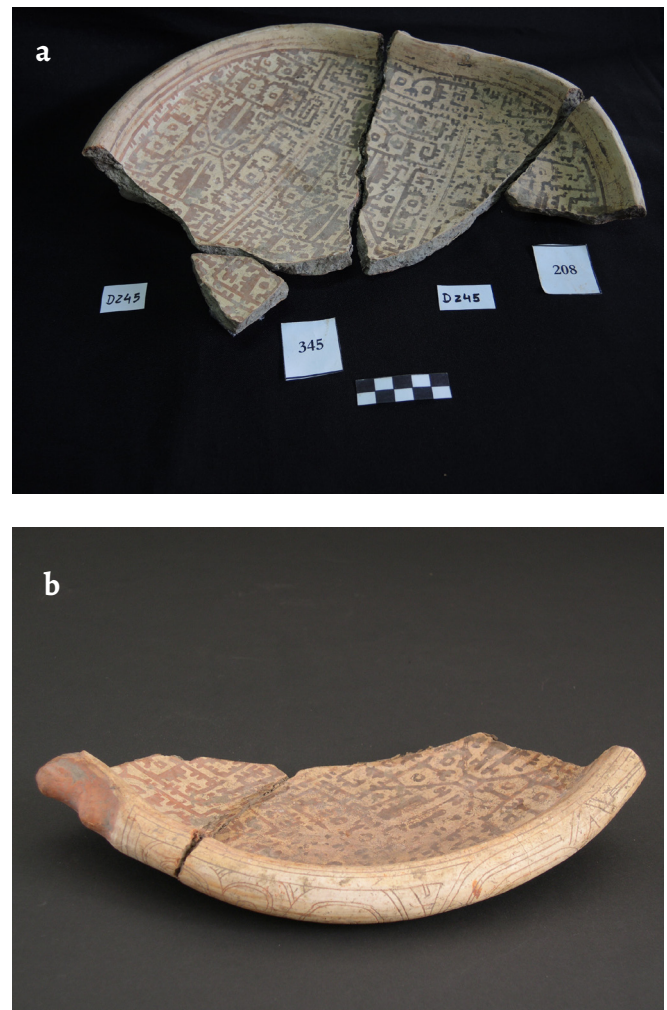


Figura 3. Prato fragmentado e disperso por três instituições: a) dois fragmentos D245 (Museu do Forte, Estado do Pará) e dois fragmentos 345 e 208 (IPHAN, Estado do Pará); b) dois fragmentos TD 10 84 (MAE-USP). Fotografia 3b: MAE-USP.

coleção marajoara do MNE, em Lisboa, é fundamental estabelecer uma metodologia para recolha da informação no ato de doação ou como proceder para a sua recuperação, de modo a compreender qual a dimensão dos espólios, os critérios de seleção dos objetos e de que modo foram dispersos. Entrevistar os próprios colecionadores, quando vivos, familiares e intermediários é basilar neste processo e poderá também informar sobre a forma de coleta, qual a localização dos sítios e todo o percurso dos objetos, sendo também fator enunciador do seu estado de conservação [26]. A nível institucional é essencial identificar inventários precedentes, os documentos gerados no processo e as possíveis ligações dos espólios com outros museus, através da identificação da proveniência. Assim, para além do resgate de informações sobre os contextos e os aspetos arqueológicos propriamente ditos dos conjuntos, este esforço em mapear e reintegrar coleções fragmentadas e dispersas coloca o foco nas peças enquanto verdadeiros testemunhos das práticas e histórias particulares de colecionismo, permitindo-nos atuar de forma não só documental, mas também propositiva nas políticas de guarda e conservação destas coleções.



Figure 4. Prato quebrado com fragmentos dispersos em duas instituições – à esquerda D198 (Museu do Forte) e à direita fragmentos 133 e 298 (IPHAN).

Considerações finais

A partir de uma perspectiva de conservação, pelo diagnóstico dos danos estruturais, superficiais e resíduos de intervenções em confronto com a identificação da tecnologia cerâmica e seus motivos decorativos, elaborou-se uma análise interdisciplinar em conjunto com as áreas da arqueologia, arquivo e museologia, que permitiu verificar as semelhanças no seio do espólio e perspetivar que a dimensão da coleção original extravasa os limites da instituição, sendo esta avaliação atestada pela comparação física de fragmentos, pelos registos fotográficos, inventário e documentação das instituições. A recuperação de informações relevantes a nível do percurso dos acervos e caracterização dos elementos constituintes, permite melhor definir a dimensão das

coleções e suas similaridades e, assim, a reunião de conjuntos de fragmentos em uma única peça. Estas informações poderão ser inseridas nas bases de dados do sistema integrado de museus, do MPEG e do MAE-USP, oferecendo suporte para pesquisas futuras. A coleção, pelas várias problemáticas que apresenta, permite desenvolver reflexões acerca do modo de formação de coleções arqueológicas, a sua dispersão, os critérios de salvaguarda e políticas de museologia interinstitucionais. A quantidade e diversidade de fragmentos tornam este conjunto ideal para análises decorativas e morfológicas [19]. O acervo torna-se ainda mais rico, pela possibilidade de reunir as diversas partes e dar origem a objetos, viabilizando ações pedagógicas sobre metodologias de catalogação, conservação preventiva, intervenção mínima e acondicionamento [27].

Um museu de arqueologia constitui, por força da lei, um local de reserva estratégica de coleções arqueológicas [28]. O estudo permite enfatizar a necessidade de políticas de catalogação integradas, que recorram a uma análise mais completa das coleções no seu conjunto [19]. Ainda existem informações que podem colaborar com a pesquisa, sobre as quais deverá ser aplicada uma metodologia adequada [29-30]. Uma vez recuperadas informações consistentes sobre a recolha destas coleções bem como seu desmembramento, será possível potencializar sua relevância científica. A coleção Dita Acatauassu tem sido utilizada prioritariamente por seu apelo estético da cerâmica marajoara. Atualmente, algumas peças desta coleção estão expostas no Museu do Forte e no Museu de Gemas (Belém, PA) e está a ser planeada uma exposição marajoara no Parque Estadual do Utinga; porém, pouco foram utilizadas como objeto de pesquisa em trabalhos acadêmicos.

Isso nos leva a outra questão, que permeia a responsabilidade dos museus em permitir o acesso às coleções, publicar informações e cuidar do patrimônio comum, resguardando a segurança dos mesmos. O presente trabalho abre caminho ainda para um estreito diálogo interinstitucional e para a obtenção de metas compartilhadas relacionadas com a preservação do acervo arqueológico e desenvolvimento de pesquisas, uma vez que a situação das coleções perpassa a existência dos diferentes processos de concessão de guarda de um único conjunto de acervo.

A aplicação da metodologia desenvolvida a todas as coleções que englobam o espólio pode ainda oferecer dados substanciais para levantar um debate jurídico interinstitucional que discuta o que podemos chamar previamente de gestão compartilhada de acervos. Deverá ser equacionado o modo de reorganização das coleções de forma a reunir todos os fragmentos de um mesmo objeto dispersos nas várias instituições. Este processo poderá ser avaliado segundo uma visão estratégica que privilegia a centralização do espólio ou perspectivado de forma distributiva, onde as questões expositivas, de investigação e conservação são critérios fundamentais. Por outro lado, a proporção dos fragmentos de cada instituição em relação à totalidade do objeto também poderá ser um fator de peso. A busca por uma política de comodatos integrada deverá ser princípio basilar no estabelecimento de estratégias.

O objetivo seria realizar reuniões de trabalho ou até mesmo eventos científicos que possam apresentar soluções para preservação dos conjuntos e ações integradas de pesquisa, considerando que inexitem informações sobre situações semelhantes que tenham ocorrido no Brasil.

Os museus devem ser instituições abertas, receptivas à investigação e à divulgação do seu espólio. Embora algumas informações pareçam descontextualizadas, uma discussão coletiva pode oferecer resultados frutíferos para o desenvolvimento de estratégias de metodologias de investigação e conservação, como a que foi apresentada neste artigo.

REFERÊNCIAS

1. Lisboa, P. A., *Terra dos Aruã: Uma História Ecológica do Arquipélago do Marajó*, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém (2012).
2. Schaan, D. P., 'The Camutins chiefdom: rise and development of complex societies on Marajó island, Brazilian Amazon', tese de doutoramento, University of Pittsburgh, Pittsburgh (2004), <http://d-scholarship.pitt.edu/id/eprint/9161> (acesso em 2019-01-11).
3. Hilbert, P., *Contribuição à Arqueologia da Ilha de Marajó: os "Tesos" Marajoaras do Alto Camutins e a Atual Situação da Ilha do Pacoval, no Ararí*, Instituto de Antropologia e Etnologia do Pará, Belém (1952).
4. Meggers, B.; J. Evans, C., 'Archeological investigations at the mouth of the Amazon', *Bureau of American Ethnology Bulletin* **167** (1957) 1-664, <http://hdl.handle.net/10088/15461>.
5. Roosevelt, A. C., 'The rise and fall of the Amazon chiefdoms', *L'Homme* **33** (1993) 255-283, <https://doi.org/10.3406/hom.1993.369640>.
6. Schaan, D., *A Linguagem Iconográfica da Cerâmica Marajoara. Um Estudo da Arte Pré-histórica na Ilha de Marajó, Brasil (400-1300 AD)*, EDIPUCRS, Porto Alegre (1997).
7. Barreto, C., 'Cerâmica e complexidade social na Amazônia antiga: uma perspectiva a partir de Marajó', in *Arqueologia Amazônica*, ed. E. Pereira & V. Guapindaia, vol. 1, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém (2010) 193-212.
8. Barreto, C., 'Meios místicos de reprodução social: arte e estilo na cerâmica funerária da Amazônia antiga', tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo (2009), <https://doi.org/10.11606/T.71.2009.tde-30042009-095746>.
9. Troufflard, J. 'Abordagem da prática colecionista através de um conjunto de peças Marajoara do Museu Nacional de Etnologia em Lisboa (Portugal)' *Amazônica* **3**(1) (2011) 142-168, <https://doi.org/10.18542/amazonica.v3i1.634>.
10. Schaan, D., *Cultura Marajoara*, Senac Nacional, Rio de Janeiro (2009).
11. Barreto, C., 'O que a cerâmica Marajoara nos ensina sobre fluxo estilístico na Amazônia?' in *Cerâmicas Arqueológicas da Amazônia: Rumo a uma Nova Síntese*, ed. C. Barreto, H. Lima & C. Bettancourt, Museu Paraense Emílio Goeldi/ IPHAN, Belém (2016) 115-124.
12. Schaan, D., 'Into the labyrinths of marajoara pottery: Status and cultural identity in an amazonian complex society', in *Unknown Amazon: Culture in Nature in Ancient Brazil*, ed. C. McEwan, C. Barreto & E. Neves, British Museum Press, London (2001) 108-133.
13. Pombo, D., 'Educação, memórias e saberes amazônicos: vozes dos vaqueiros marajoaras', tese de mestrado, Universidade do Estado do Pará, Belém (2014).
14. Rosa, C., 'Solicitação de pesquisa: Maria Santana Simas', documento do Sistema Integrado de Museus, Secretaria de Cultura, Governo do Estado do Pará, Belém (2017).
15. Schaan, D., 'Arqueologia, público e comodificação da herança cultural: o caso da cultura marajoara', *Revista de Arqueologia Pública* **1** (2006) 31-48, <https://doi.org/10.20396/rap.v1i1.8635819>.
16. Oliveira, K.; Borges, L.C., 'Museus e redes de sociabilidade poder e conflito no Museu do Marajó Pe. Giovanni Gallo', *Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia* **11**(1) (2016) 70-79, <http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/abcib/article/view/28131> (acesso em 2019-01-11).

17. Richmond, A.; Bracker, A. 'Conservation: principles, dilemmas, and uncomfortable truths – a summary', *Conservation Journal* **58** (2009) 55-56.
18. Keene, S., *Fragments of the World: Uses of Museum Collections*, Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann (2005).
19. De Blasis, P. A. D.; Morales, W. F. 'O potencial dos acervos antigos: recuperando a coleção 030 do museu paulista', *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* **7** (1997) 111-131, <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1997.109300>.
20. 'Lei nº 378 de 13 de janeiro de 1937', *Diário Oficial da União* **1** (1937) 1210 <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-378-13-janeiro-1937-398059-publicacaooriginal-1-pl.html> (acesso em 2019-2-25).
21. 'Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961', *Diário Oficial da União* **1** (1961) 6793 <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-3924-26-julho-1961-353715-publicacaooriginal-1-pl.html> (acesso em 2019-2-25).
22. 'Lei nº 11.904, de 14 de janeiro de 2009', *Diário Oficial da União* **1** (2009) 1 <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2009/lei-11904-14-janeiro-2009-585365-publicacaooriginal-108376-pl.html> (acesso em 2019-2-25).
23. Fuente, G.; Páez, M. 'Ceramic conservation in archaeological museums: the current situation in northwestern Argentina (Province of Catamarca)', in *Glass and Ceramics Conservation 2007*, ed. L. Pilosi, Goriški Muzej Kromberk, Nova Gorica (2007) 180-188.
24. Oackley, V.; McGreevy, J., 'A condition survey of the ceramics collection at the Ulster Museum', *Conservation Journal* **16** (1995).
25. Oakley, V.; Jain, K., *Essentials in the Care and Conservation of Historical Ceramic Objects*, Archetype Publications, London (2002).
26. Troufflard, J. 'Testemunhos funerários da ilha do Marajó no Museu Dr. Santos Rocha e no Museu Nacional de Etnologia. Interpretação Arqueológica', tese de mestrado, Universidade Nova de Lisboa (2010).
27. Carvalho, A.; Oliveira Silva, D. L.; Braga, G. B., 'Perspectivas recentes para curadoria de coleções etnográficas', *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* **14** (2004) 279-289, <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2004.89691>.
28. Raposo, L., 'Arqueologia e museus: experiências portuguesas recentes', *Museologia.pt* **3** (2009) 74-103.
29. Lima, H. P.; Cunha, C., 'Reassessing museum archaeological collections: unprecedented osteological and ceramic data for the Sucuriçu site in the Urubu River, Central Amazon, Brazil', *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas* **12**(2) (2017) 649-665. <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222017000200021>.
30. Sales, T. 'Documentação na reserva técnica de Arqueologia Mário Ferreira Simões, do Museu Paraense Emílio Goeldi: estudo de caso da coleção AM-IT-#: Médio Urubu', trabalho de bacharelato, Universidade Federal do Pará, Belém (2016).

RECEBIDO: 2018.9.4

REVISTO: 2018.12.3

ACEITE: 2019.1.10

ONLINE: 2019.2.28



Licenciado sob uma Licença Creative Commons

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite

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

NORMAS PARA OS AUTORES

Princípios éticos

Tipos de manuscritos

Manuscritos

Referências bibliográficas

Submissão dos manuscritos

Avaliação dos manuscritos

Direitos

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

GUIDELINES FOR AUTHORS

Ethical guidelines

Types of collaboration

Manuscripts

References

Submissions

Refereeing

Rights

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

