



Medalha comemorativa do Jubileu de Ouro da turma de 1951, Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil (2001, Rio de Janeiro) (Fundo Octávio Cantanhede) (Fotos: Jaime Acioli, 2010).



Medalha comemorativa dos 680 anos de fundação da Universidade de Paris (1215-1895) (1895, Fundo Luiz Cruls) (Fotos: Jaime Acioli, 2010).



Medalha Gomes Jardim de 1º prêmio, conferida em 1924, instituída pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. (1924, Fundo Joaquim da Costa Ribeiro) (Fotos: Jaime Acioli, 2010).

A PESQUISA CIENTÍFICA EM MUSEUS, ARQUIVOS E BIBLIOTECAS

Antonio Carlos Augusto da Costa*

Márcia Teresa Soares Lutterbach**

1. Ciências da Conservação Aplicadas ao Patrimônio em Museus, Arquivos e Bibliotecas

As Ciências da Conservação encontram nos museus, arquivos e bibliotecas uma vasta área de aplicação, particularmente no que tange à sua interface com os processos que envolvem a biodeterioração ou a biodegradação do patrimônio cultural (BOUTAINE, 2006). Avaliar como os diferentes materiais foram constituídos do ponto de vista físico-químico, como foram manuseados, tratados (ou maltratados) e como solucionar ou minimizar essas questões são pontos inseridos no campo das Ciências da Conservação.

Nesse contexto, a elucidação da estrutura química, através de técnicas instrumentais, por via úmida em laboratórios, por processos físicos e físico-químicos, ou por técnicas instrumentais, pode ser um aliado importante para o enfrentamento de problemas relacionados à conservação de bens culturais

* Engenheiro Químico, M.Sc. em Tecnologia de Processos Bioquímicos e D.Sc. em Microbiologia. Publicou 60 artigos científicos em periódicos especializados e orientou 54 trabalhos de D.Sc., M.Sc. e I.C. nas áreas de Engenharia Química, Microbiologia e Conservação do Patrimônio Cultural. Atua no MAST/MCTI desde 2010, nas áreas de conservação preventiva, microbiologia, biodeterioração e corrosão de tintas ferrogálicas. Na UERJ é Professor de Engenharia Bioquímica e Microbiologia desde 1996. Professor Permanente do PPACT/MAST, PPG-EQ/UERJ e PPGQ/UERJ e Pesquisador do CNPq.

** Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Úrsula, M.Sc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, D.Sc. em Microbiologia pela UFRJ e MBA em Meio Ambiente, pela COPPE/UFRJ. Atualmente é Tecnologista do Instituto Nacional de Tecnologia INT- MCTI, Gerente do Laboratório de Biocorrosão e Biodegradação do INT, onde coordena projetos nesta área, com ampla atuação na conservação do Patrimônio Cultural. Tem experiência nas áreas de biocorrosão e biofilmes, atuando, no presente, em Conservação do Patrimônio Cultural.

(KARYDAS *et al.*, 2004; MENU, 1990; MARTINI & SIBILIA, 2001; ROBBIOLA *et al.*, 2015; KIMBLE, 2014). As técnicas direcionadas à elucidação da estrutura química e sua conservação podem ser, dentro das Ciências da Conservação, técnicas de uso corrente em laboratórios de Química Analítica, até outras de extrema complexidade, tais como microscopias eletrônicas de varredura e transmissão, fluorescência e difração de raios-X e micro-raios-X, tomografias e até mesmo sequenciamento de DNA, para estudos de biodeterioração.

Visando ilustrar o caráter abrangente das Ciências da Conservação pode-se mencionar o trabalho desenvolvido por Babiński *et al.* (2014) no estudo da conservação de peças arqueológicas de madeira sujeitas à inundação, onde o uso de técnicas analíticas de baixa complexidade, tais como medidas de umidade e densidade permitiram concluir sobre a inadequação de determinadas técnicas físicas, sobre a perda de densidade da madeira sobre o impacto nas propriedades físicas, devido à ocorrência de minerais associados à estrutura da madeira. Isso indica que nem sempre se faz necessária a utilização de técnicas analíticas de alta complexidade para avaliação da conservação dos materiais (VERGA *et al.*, 2015).

Na ampla diversidade de materiais utilizados em arte contemporânea já se encontram trabalhos relacionados à conservação, por exemplo, de obras feitas com a utilização de insumos alimentares (GILMAN *et al.*, 2015). Os autores optaram pelo simples empacotamento do material utilizado em atmosfera modificada, usualmente com a introdução de nitrogênio, visando minimizar a biodeterioração da obra, prolongando, assim, sua permanência. Este trabalho foi feito visando preservar a obra *Eggs* do artista belga Peter de Cupere.

Um pouco mais complexo, mas ainda de uso corrente em laboratórios de pesquisa e acadêmicos, as pesquisas de Worobiec *et al.* (2010) foram voltadas à qualidade do ar atmosférico do Castelo Wawel (Polônia), no que se refere à concentração de materiais particulados, com o emprego de micro-análises de provas eletrônicas. Os autores concluíram haver uma alta concentração de materiais particulados, principalmente carbono, matéria orgânica e inorgânica, todos de alta adesão superficial e reatividade.

Ainda no contexto de técnicas analíticas de complexidade média tem-se o uso da racemização de aminoácidos na determinação da idade de fósseis (CSAPÓ *et al.*, 1998). A técnica se baseia na hidrólise de proteínas presentes em

amostras fósseis, determinando-se a razão entre os aminoácidos presentes (D - dextrógeros e L - levógeros), a qual é variável com a idade do fóssil ou qualquer outro material contendo proteínas. A técnica se mostrou útil na datação de fósseis com idade entre 2.000 e 500.000 anos, bem como em tecidos de 100 a 1.800 anos. Nesses casos, foi observada uma diminuição na concentração dos aminoácidos cistina, metionina e tirosina, à medida que a idade da peça aumentava.

Com o emprego de técnicas que vão além da via úmida do laboratório químico ou bioquímico, instrumentos precisos e específicos quanto ao seu princípio de ação, tem se mostrado úteis no campo das Ciências da Conservação para, por exemplo, a datação e confirmação de autenticidade de obras de arte. A natureza inorgânica de pigmentos superficiais pode ser confirmada com o emprego de fluorescência de raios-X, fundamental para que se possa implantar um bom programa de conservação em áreas de guarda de pinturas (FONTANA *et al.*, 2014).

O uso da difratometria de raios-X equipado com um espectrômetro de fluorescência de raios-X foi implementado por Uda *et al.* (2005), visando obter-se um padrão de difração e um espectro de fluorescência simultaneamente. A técnica combinada foi usada num espelho de bronze da Dinastia Han (25-200) da China, e também numa estupa¹ do Período Heian (794-1185). A técnica mostrou-se útil, uma vez que permitiu identificar a ocorrência de uma liga de cobre-estanho (Cu-Sn) no espelho, autenticando o objeto como sendo da Dinastia Han. Em paralelo, a identificação da ocorrência de folhas de ouro na estupa serviu de base para a introdução de técnicas adequadas de conservação.

Particularmente na avaliação superficial de objetos museológicos de natureza não homogênea, a emissão de raios-X induzidos por feixe de prótons vem sendo amplamente empregada, já há algum tempo (SWANN & FLEMING, 1986). Após adaptações da técnica, o estudo de materiais de natureza superficial heterogênea, tais como escórias, soldas de jóias antigas e ilhas de metal em artefatos corroídos têm sido possível.

Corroborando a busca por alternativas analíticas para a conservação do patrimônio, Harbottle *et al.* (1986) lançaram um equipamento produtor de raios-X

¹ Monumento erigido sobre restos mortais de uma pessoa importante.

síncroton adaptado para aplicações arqueométricas. Na época, os autores já apresentavam como atributos da nova técnica, a possibilidade de uma análise rápida e precisa para cerâmicas e pedras (procedência material), a possibilidade de obtenção de informações estruturais com base em microanálises, a aquisição de imagens com distribuição elementar e a especificação em microescala analítica.

A espectrometria de massas por íons secundários, seja de setor magnético (dinâmica) ou por tempo de voo (estática), mostra-se também útil na avaliação de superfícies por determinação de compostos químicos, a baixíssimas concentrações, o que pode ser útil na avaliação de vestígios em monocamadas externas (MCPHAIL, 2006).

Aos interessados no tema, Creagh (2007) apresenta uma ampla revisão das técnicas físicas aplicáveis à conservação do patrimônio cultural, levantando vantagens e desvantagens acerca de cada uma delas.

Finalizando, não importa o grau de especificidade e acurácia que seja possível com o emprego de cada técnica, nem a importância histórica ou científica do objeto ou documento analisado. As técnicas inseridas nas Ciências da Conservação revestem-se de complexidade e aplicação variáveis, devendo ser criteriosamente avaliadas para uso correto.

No entanto, de nada adiantará o emprego da mais sofisticada das técnicas se, preventivamente, a conservação não estiver sendo aplicada. Esta se constitui de um trabalho contínuo que envolve vários campos da ciência, e que encontra em procedimentos inadequados e na deterioração causada pelos agentes ambientais e por micro-organismos o pior dos problemas (GUTAROWSKA *et al.*, 2012).

2. Conservação Preventiva

A conservação preventiva compreende uma série de medidas, em âmbito pessoal e institucional, visando à tomada de decisões acerca da preservação de documentos, acervos e objetos museológicos. Com vistas à preservação do patrimônio cultural, o monitoramento da agressividade causada por microambientes sobre os materiais, torna-se um alvo fundamental para os profissionais da conservação, representando um passo importante na definição global de gerenciamento ambiental estratégico em ambientes, especialmente de

guarda e exposição de acervos, em museus, arquivos e bibliotecas (CAVICCHIOLI *et al.*, 2014; KRUPIŃSKA *et al.*, 2013).

Os parâmetros considerados na conservação preventiva, as medidas a serem tomadas e, principalmente, como foram mensurados os produtos e ganhos obtidos por conta da implementação de medidas de conservação preventiva, dependerão do tipo de acervo/obra, da sua estrutura física, da sua localização e estado de conservação atual, entre outros (ABDEL-KAREEM, 2005; ARAFAT *et al.*, 2013; ALLEGRETTI *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 1997; MERELLO *et al.*, 2014; VÄNSKÄ *et al.*, 2014; KONSA *et al.*, 2014).

Alguns exemplos de medidas tomadas por instituições, com vistas à conservação preventiva de acervos, obras de arte, documentos histórico-científicos, etc., serão brevemente apresentados a seguir, visando exemplificar medidas adotadas que contribuíram para a melhoria das condições de guarda, e, conseqüentemente, ampliando a vida útil e a permanência dos bens. Nesse contexto, del Hoyo-Meléndez *et al.* (2011) monitoraram a incidência de luz num dos espaços atualmente pertencentes ao Smithsonian American Art Museum, cuja edificação não havia sido originalmente projetada para a guarda de acervos. O resultado do monitoramento indicou que o grande número de janelas, portas e clarabóias do espaço, contrastava com a utilização de luz artificial em determinados espaços, tendo sido feita uma nova programação para o uso racional da luz natural. Conclusões similares foram obtidas por Al-Sallal & Dalmouk (2011), que quantificaram danos potenciais a acervos e desconforto a visitantes e funcionários em museus de Dubai, pela incidência elevada de luz.

Tão significativa quanto à ação da luminosidade sobre acervos e documentos é a ação de compostos químicos de natureza volátil e materiais particulados, se presentes nesses mesmos ambientes. O conhecimento do impacto de danos potenciais desses poluentes sobre o patrimônio histórico-cultural vem se tornando material indispensável na prevenção de danos decorrentes de interações de natureza química.

Os materiais usados em exposições e na decoração de espaços de museu são potenciais emissores de compostos orgânicos voláteis, conforme reportado por Schiewek & Salthammer (2011). O foco do trabalho desses pesquisadores recaiu sobre a emissão de compostos voláteis, tais como formaldeído e ácidos orgânicos, particularmente estes últimos com alto poder

corrosivo. Os resultados indicaram uma alta concentração de ácido acético, decorrente da decomposição secundária de outros compostos orgânicos, tendo servido o monitoramento para o estabelecimento de novas estratégias de abordagem para a conservação preventiva em museus. Um trabalho anterior dos mesmos autores (SCHIEWEK; SALTHAMMER, 2007), já havia alertado para a ocorrência de DDT, PCP, lindane, metoxicloro, naftalenos clorados, 1,4-diclorobenzeno, PCBs e arsênio, produtos decorrentes do uso de organoclorados e arsênio em produtos para conservação preventiva de museus na Alemanha. La Nasa *et al.* (2014) também investigaram a ação de orgânicos voláteis sobre peças de madeira, usando como padrão o ácido acético, considerando este componente como um padrão para predição da evolução de aldeídos e ácidos orgânicos de pequena cadeia, decorrentes da ação atmosférica.

Pode-se observar, pelo exposto até o momento, que em função da natureza interdisciplinar das Ciências da Conservação, faz-se necessária uma visão bastante seletiva a fim de escolher a combinação mais adequada de técnicas analíticas para cada caso em particular. Dessa forma, duas questões se abrem:

(a) Qual o objeto, documento ou conjunto de peças deverá ser conservado?

(b) Que técnicas analíticas e/ou condições ambientais deverão ser empregadas para a conservação e como monitorá-las a fim de avaliar a eficácia do que foi aplicado?

Algumas técnicas e formas de controle das condições ambientais podem ser consideradas abrangentes o suficiente para papel, metais, cerâmicas, madeira, etc., destacando-se o monitoramento e controle da umidade relativa e da temperatura ambiente (JANSSEN & CHRISTENSEN, 2013; WATKINSON, 2013; ASCIONE *et al.*, 2009; LITTLEJOHN *et al.*, 2013).

De uma forma geral, as técnicas para preservação e monitoramento preventivo do patrimônio cultural devem ser vistas como procedimentos que, em médio prazo, serão econômica e culturalmente retornados. Para que isto seja implantado, a geração de dados visando estabelecer condições para a conservação preventiva e a estimativa teórica da vida útil do objeto ou documento poderá ser então considerada, em função das variáveis intrínsecas e extrínsecas que embasarão a eficácia do procedimento adotado. Muitas vezes, a

fim de simular algumas condições para adequação de técnicas e procedimentos, faz-se necessário proceder ao envelhecimento artificial ou acelerado dos materiais, o que envolve, normalmente, a criação de atmosferas controladas de umidade e temperatura controladas, além de incidência luminosa, objetivando simular os processos de degradação natural esperados com o tempo (HAVLÍNOVÁ *et al.*, 2002; 2009; ZOU *et al.*, 1994; KAČÍK *et al.*, 2009). Ressalta-se, a diversidade de possibilidades de técnicas de envelhecimento artificial, e cabe mencionar que a American Society for Testing and Materials - ASTM já estabeleceu procedimento padrão que, apesar das limitações associadas à selagem do material, está normatizado para fins de envelhecimento artificial do papel (SAWOSZCZUK *et al.*, 2008).

Uma das principais aplicações do envelhecimento acelerado do papel encontra objeto de estudo nos manuscritos contendo tintas ferrogálicas. Em determinadas condições as tintas ferrogálicas catalisam danos estruturais a suportes celulósicos, fazendo com que tratamentos envolvendo imersão em banhos sejam necessários. Isto leva a vários efeitos colaterais, tais como *stress* mecânico no papel, mudanças de coloração e modificação gradual da tinta devido à corrosão causada pela oxidação do ferro adicionado (ROUCHON *et al.*, 2013; KOLAR *et al.*, 2012; CIGLANSKÁ *et al.*, 2014; LI, 2013).

O conhecimento dos processos de oxidação da tinta ferrogálica, sua estabilidade e métodos de classificação quanto ao estado de deterioração tornam-se fatores imperiosos que podem contribuir para processos de tomada de decisão no que tange à conservação e tratamento.

Preventivamente pode-se avaliar a composição elementar das tintas ferrogálicas em documentos históricos por técnicas não destrutivas, tais como a espectrometria de emissão de raios-X induzida por prótons (PIXE). A técnica permite uma análise pontual, precisa, mas que é limitada pela heterogeneidade da escrita, constituindo-se numa técnica complementar que é sensível e permite avaliar a migração de elementos (BUDNAR *et al.*, 2006; REMAZEILLES *et al.*, 2001; RIZZUTTO *et al.*, 2014; BECK, 2014; ZUCCHIATTI *et al.*, 2014).

Como mensurar o estado de conservação atual de um documento ou objeto é, portanto, a limitação principal num programa de conservação preventiva. A definição de uma técnica ou outra dependerá, fundamentalmente, do estado da deterioração, da estrutura do objeto e da avaliação das condições

ambientais no seu entorno. Apenas para mencionar, pode-se exemplificar o uso da espectroscopia Mössbauer para manuscritos (WAGNER *et al.*, 2004; DZINAVATONGA *et al.*, 2015), da fluorescência de raios-X para artefatos arqueológicos e tintas ferrogálicas (MANSO *et al.*, 2013; FRAHM *et al.*, 2014; FOSTER & GRAVE, 2012), do escaneamento com laser 3-D, como empregado em estudos do Exército de Terracota chinês e esqueletos humanos (KUZMINSKY & GARDINER, 2012), da datação com ^{14}C , como usado em estudos de urnas funerárias no Egito (MANNING *et al.*, 2014).

De complexidade e aplicação distintas, o uso da microscopia de força atômica em estudos de fotodegradação em artefatos de museus (BUSSIERE *et al.*, 2014), da microscopia de imunofluorescência para detecção de substâncias orgânicas em partes do Exército de Terracota (HU *et al.*, 2015), de espectroscopias vibracionais para a avaliação de vernizes (DAHER *et al.*, 2014), da cromatografia líquida de alta performance para detecção de corantes naturais em lãs de tapetes antigos (MANHITA *et al.*, 2014) e até mesmo do uso de folhas de plantas como barreiras biológicas usadas na proteção do patrimônio cultural, contra a presença de metais pesados (KOCIĆ *et al.*, 2014).

Merece atenção especial o uso das radiações ionizantes (MOISE *et al.*, 2012). Vem sendo aplicadas em bibliotecas e arquivos, na preservação de documentos sujeitos à degradação inerente ao envelhecimento do substrato celulósico, ou decorrente de erros tecnológicos, os quais abrem caminho para ataques biológicos. Esses papéis ou documentos podem ser tratados com radiações ionizantes, apesar de algumas restrições relacionadas à possível degradação induzida pela radiação. No trabalho de Moise *et al.* (2014) foi concluído que um tratamento pode ser efetivo com doses de radiação inferiores a 10 kGy, sendo papéis antigos menos afetados pela radiação gama do que papéis mais modernos. Os autores enfatizam que se deve monitorar a degradação decorrente do tratamento, face à potencial ameaça biológica na vida útil esperada do documento.

3. A Experiência do MAST na Investigação do Patrimônio Cultural por Técnicas Analíticas

A partir do ano de 2012, o Museu de Astronomia e Ciências Afins estabeleceu um acordo de cooperação com o Instituto Nacional de Tecnologia e

com o Museu Imperial na área de Arqueometria aplicada ao Patrimônio Cultural. A partir dessa cooperação, uma série de questões acerca do patrimônio institucional das unidades envolvidas puderam ser respondidas, em particular aquelas voltadas à preservação e conservação preventiva de seus acervos, que puderam ser, então, tratadas de forma adequada e com a interdisciplinaridade e profundidade que merecem.

A primeira investida da equipe nesse novo horizonte de investigações se deu para uma avaliação da qualidade atmosférica, do ponto de vista microbiológico, de áreas de guarda e trabalho do próprio Museu de Astronomia e Ciências Afins (DA COSTA *et al.*, 2011).

Os resultados dessa pesquisa permitiram concluir que áreas climatizadas do Mast apresentaram níveis de contaminação biológica aceitáveis, segundo normativas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, bem como segundo o estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, no que tange ao conforto humano. Fungos dos gêneros *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Penicillium* foram encontrados nos mais diferentes ambientes, no entanto, em concentrações máximas de 50 UFC.m⁻³. A principal conclusão obtida foi que, apesar de baixa, as populações fúngicas identificadas eram todas celulolíticas, alertando para potenciais danos ao acervo bibliográfico e arquivístico da instituição.

Preocupados com os danos potenciais ao acervo institucional, procurou-se, em seguida, direcionar as pesquisas à busca de condições adequadas que pudessem minimizar a ocorrência de espécies microbianas nos ambientes de guarda (DA COSTA *et al.*, 2012). Nesse sentido, várias possibilidades de alteração nos valores de umidade relativa do ar e temperatura foram simuladas, todas utilizando como referência a equação representativa da Isoperma de Sebera, que leva em conta os efeitos combinados de temperatura e umidade relativa nos índices de permanência dos materiais.

Foram simulados os efeitos decorrentes da transferência de acervos para ambientes com condições ambientais muito distintas, mudanças de temperatura e umidade relativa ao longo das estações do ano, comparação com referências de temperatura e umidade adotadas em instituições norte-americanas, entre outras situações. A principal contribuição do trabalho foi no estabelecimento de padrões adequados à realidade de um país tropical, estabelecendo-se faixas de

temperatura e umidade relativa aceitáveis, onde o dano à permanência do documento é minimizado e aceitável.

Na continuidade das pesquisas, recorreu-se, pela primeira vez à Biologia Molecular, estudando-se a berlinda do Imperador D. Pedro II, antes e após sua restauração em 2013 (LUTTERBACH *et al.*, 2013). A berlinda de aparato do imperador D. Pedro II foi construída pela companhia britânica Pearce & Countz, responsável pela construção das carruagens da monarquia britânica, para sua cerimônia de coroação, em 1841 (Figura 1). Seus materiais componentes são de diferentes naturezas, com distintas resistências mecânicas e algumas incompatibilidades com padrões ambientais de sua área de guarda. Partes específicas, tais como tecidos de algodão, ornamentos e crinas de cavalo foram investigadas, bem como a microbiota presente no interior e no exterior da berlinda imperial (Figura 2). A partir deste monitoramento, 37 colônias de fungos filamentosos, 6 leveduras e 4 bactérias foram isoladas (sequenciamento do DNA). A maioria dos micro-organismos pode danificar os materiais constituintes.

O monitoramento microbiológico permitiu concluir pela predominância de contaminação fúngica das partes selecionadas, em detrimento das bactérias e leveduras. Apenas uma levedura foi isolada, *Candida atlantica*, a qual não apresenta muita informação relacionada à sua ocorrência na literatura publicada, ficando-se restrito a informações relacionadas à taxonomia e classificação. Com relação às bactérias, foram isoladas quatro espécies: *Microbacterium oleivorans*, *Bacillus* sp., *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus*. Com exceção da espécie *M. oleivorans*, tipicamente encontrada em óleos crus, todas as demais espécies são típicas do solo, facilmente explicando sua presença num objeto da natureza da berlinda. A distribuição das várias espécies pelas diferentes zonas da berlinda está registrada na Tabela 1, onde se pode observar ampla variedade de espécies, e ocorrência diversificada no interior e no ar circundante da berlinda. A identificação das espécies permitiu avaliar o grau de contaminação ambiental, identificar o potencial biodeteriorador das espécies, contribuindo, assim, com subsídios para a realocação da peça numa nova área com maior isolamento do ambiente externo.



Figura 1 - Berlinda de aparato do Imperador D. Pedro II antes e após a restauração
(Fonte: LUTTERBACH *et al.*, 2013).



Figura 2 - Imagens da Berlinda de aparato do Imperador D. Pedro II antes (superior) e após (inferior) a restauração; detalhe externo (Fonte: LUTTERBACH *et al.*, 2013).

Tabela 1 - Espécies fúngicas isoladas de partes da berlinda de aparato do Imperador D. Pedro II, do ar interior e do ambiente externo da área de guarda.

ESPÉCIE FÚNGICA	OCORRÊNCIA
<i>Aspergillus caesiellus</i>	Acabamento dos puxadores
<i>Aspergillus flavus</i>	Ar interior*
<i>Aspergillus</i> sp.	Ar exterior*
<i>Bipolaris</i> sp.	Ar exterior
<i>Cerebella andropogonis</i>	Ar exterior e interior
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Ar exterior e interior, couro da escada da Berlinda e crina do encosto (lavada)
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	Couro da escada
<i>Cladosporium</i> sp.	Ar exterior, crina do encosto (não lavada) e veludo
<i>Epicoccum nigrum</i>	Ar interior
<i>Hamigera fusca</i>	Teto da Berlinda, crina do encosto (não lavada), tecido em contato com a crina e botão do capitonê
<i>Leptosphaeria</i> sp.	Ar interior
<i>Penicillium brevicompactum</i>	Crina do encosto (lavada)
<i>Penicillium citrinum</i>	Ar exterior
<i>Penicillium copticola</i>	Crina do encosto (não lavada)
<i>Penicillium italicum</i>	Couro da escada
<i>Penicillium olsoni</i>	Vidro da frente da Berlinda
<i>Penicillium</i> sp.	Ar exterior e veludo
<i>Penicillium steckii</i>	Ar exterior
<i>Pestalotiopsis neglecta</i>	Ar interior
<i>Pestalotiopsis maculiformans</i>	Ar interior
<i>Phoma</i> sp.	Ar exterior
<i>Pseudocercospora norchiensis</i>	Ar interior
<i>Trichoderma atroviride</i>	Ar exterior
<i>Trichoderma viride</i>	Ar exterior
<i>Xylaria</i> sp.	Ar interior

* Ar interior, amostra coletada por interceptação direta na cabine principal da berlinda. Ar exterior, amostra coletada por interceptação direta na sala de guarda da berlinda.

Não apenas para peças de grande valor histórico como a berlinda de D. Pedro II, mas também em objetos etnográficos sujeitos à biodeterioração, técnicas microbiológicas tradicionais, se mostraram úteis na transferência de acervos (CARVALHO *et al.*, 2014). Um estudo feito com acervos de tribos do Museu do Índio, particularmente adornos da tribo Urubu-Kaapor, sem contaminação aparente, foram monitoradas quanto à presença de fungos, confirmando-se a ausência de contaminação pronunciada. Estas peças foram comparadas, em termos de contaminação microbiana, com peças etnográficas das tribos Xavante, Nambikwáras e Kamayurá. Os resultados claramente indicaram a presença de pequenas colônias fúngicas nos objetos da tribo Urubu-Kaapor, após crescimento em meio adequado, o que não se observou para os objetos das demais tribos. Nas peças contaminadas o crescimento foi bastante pronunciado e de natureza filamentosa, o que facilita a disseminação de esporos (Figura 3).

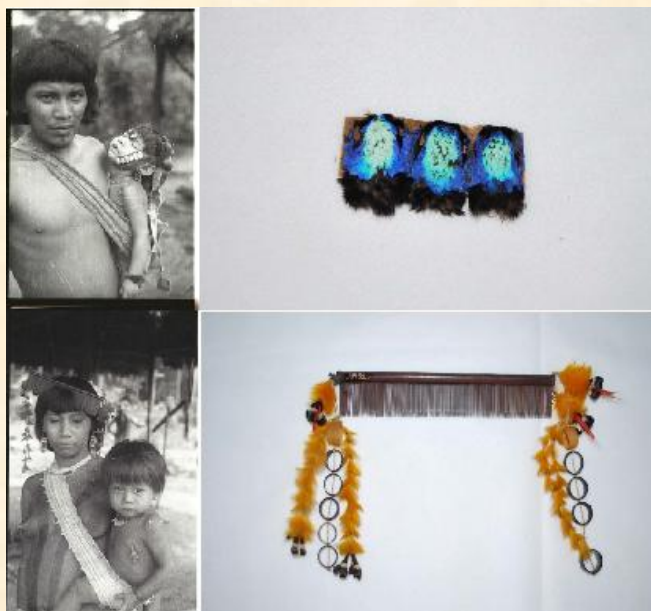


Figura 3 - Índio Urubu-Kaapor enfeitado com testeira de pena. Registro SPI 4960. Foto original de Heinz Foerthmann. Testeira da coleção Darcy Ribeiro do Museu do Índio. Registro 2656. Índia Urubu-Kaapor enfeitada com pente ornamental. Registro SPI 15206, Foto original de Heinz Foerthmann. Pente ornamental da coleção Darcy Ribeiro do Museu do Índio. Registro 5452 (Carvalho *et al.*, 2014).

Ainda em 2014, estudos de Biologia Molecular permitiram identificar, para a Biblioteca do MAST, um biocida efetivo no tratamento de fungos identificados após acidente ocorrido e que levou à proliferação de espécies fúngicas não-convencionais, porém cosmopolitas, e não tratáveis com biocidas tradicionais, nas concentrações recomendadas (DA COSTA *et al.*, 2014).

Em paralelo, em outra frente de pesquisa, procurou-se investigar quimicamente o efeito decorrente do envelhecimento de tintas ferrogálicas. Esse estudo apresenta interesse específico para acervos arquivísticos em que a escrita foi realizada com esse tipo de tinta e o Mast possui em seu Arquivo de História da Ciência documentos com essas características.

Os estudos elucidaram que diferentes graus de degradação eram observados em diferentes documentos contendo tintas ferrogálicas. A investigação da natureza do tanino utilizado, por espectroscopia na região do infravermelho, confirmou essa hipótese (DA COSTA *et al.*, 2013). Técnicas convencionais de via-úmida num laboratório químico, associadas a técnicas instrumentais de maior complexidade, permitiram solucionar uma questão crucial acerca do estado de conservação de documentos contendo tintas ferrogálicas. A natureza condensada ou hidrolisável do tanino faz com que o grau de oxidação e consequente destruição do documento seja diferenciada e essa diferenciação pode ser elucidada por técnicas espectroscópicas.

No prosseguimento dos estudos a microscopia eletrônica de varredura foi empregada como ferramenta para produzir subsídios sobre a reatividade de tintas ferrogálicas com distintas concentrações de ferro. Extratos vegetais contendo taninos hidrolisáveis e condensados foram estudados, observando-se que os hidrolisáveis produziam tintas estáveis, enquanto que nos condensados, a presença de cristais era evidenciada, explicando-se sua baixa reatividade e baixa estabilidade de alguns documentos. Esta nova abordagem arqueométrica provou ser útil no estudo da corrosão química de documentos histórico-científicos (Figura 4).

Os resultados das pesquisas mostraram-se muito proveitosos para a compreensão dos processos de degradação de tintas ferrogálicas, decorrentes de oxidações atmosféricas dos componentes da tinta. Particularmente a questão da fonte dos taninos vegetais mostrou que, dependendo da fonte de tanino que tiver sido empregada no preparo das tintas ferrogálicas, os níveis de oxidação

tendem a ser marcadamente distintos. Esta oxidação é parcialmente explicada pela formação de densas partículas agregadas à superfície do papel, o que pode ser corroborado por observações microscópicas, que permitiram visualizar a presença de agregados e cristais consolidados. Este fato, associado a outras particularidades, confirmou a falta de reatividade entre certos taninos vegetais e o ferro.

Ainda pode ser observado que concentrações crescentes de ferro nas tintas podem ser também indicativas do grau de oxidação do ferro, observado por microscopia eletrônica, permitindo estabelecer padrões de reatividade diferenciados. Por exemplo, tintas ferrogálicas preparadas com ácido tânico e fontes de taninos hidrolisáveis, tais como *Castanea sativa* e *Caesalpinia spinosa*, são mais estáveis, devido à melhor reatividade do ferro, em função de sua estrutura química.

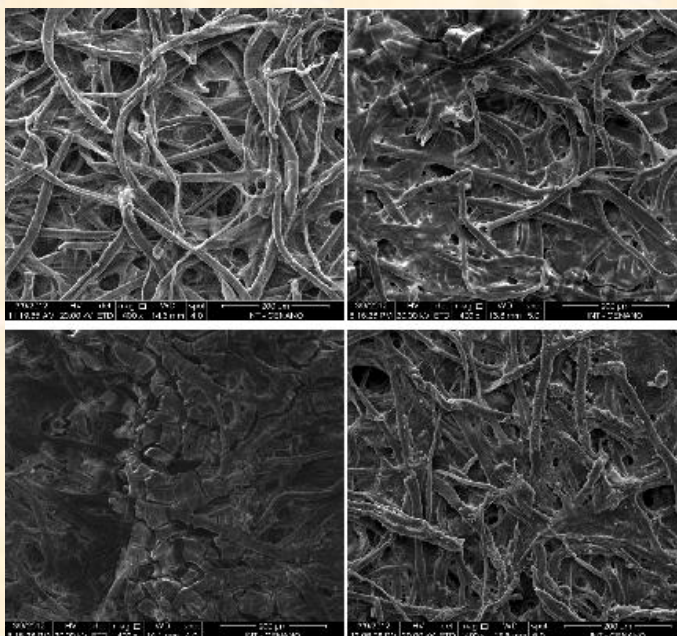


Figura 4 - Microscopia eletrônica de varredura de uma tira de papel branco Whatman não impregnada com tinta ferrogálica (topo esquerda) e impregnada com tinta ferrogálica nas razões ferro:tanino 1:5,5 (topo direita) / 2:5,5 (base esquerda) / 10:5,5 (base direita) (aumento de 400 x) (Fonte: DA COSTA *et al.*, 2014).

Por sua vez, taninos condensados, tais como os provenientes de *Acacia* sp., apresentaram baixa reatividade do ferro, contribuindo claramente, para a formação de agregados na superfície dos papéis, fato que foi confirmado pelo emprego da microscopia eletrônica de varredura.

Finalizando, os resultados indicaram não ser possível explicar somente por via química os padrões de reatividade previstos para as tintas ferrogálicas. No entanto, a quantificação dos taninos condensados, associada às observações microscópicas, permitiu corroborar informações sobre a presença de agregados superficiais em tintas não-estequiométricas, representando uma nova abordagem para avaliação do patrimônio cultural (DA COSTA *et al.*, 2014). Esses resultados auxiliaram num maior conhecimento do processo de degradação, bem como trouxe uma alternativa para a estabilização do processo de oxidação do ferro nas tintas ferrogálicas.

4. Considerações Finais

O uso racionalizado de técnicas avançadas de Arqueometria na conservação e preservação do patrimônio cultural apresenta-se como uma alternativa de grande valor na conservação preventiva. A questão que se apresenta como fundamental é a definição de quando e como aplicá-las num caso específico. O ferramental analítico que se apresenta disponível para emprego é abrangente, sofisticado e, na maioria das vezes, de alta complexidade operacional. Dessa forma, torna-se imperioso definir procedimentos sobre o uso racionalizado das técnicas, para que não se subestime ou superestime sua aplicação. Portanto, definir quando usar as técnicas, com que objetivo e em que momento, torna-se crucial para o devido aproveitamento dos seus potenciais na conservação preventiva.

Referências

ABDEL-KAREEM, Omar Mohamed Ahmed. The long-term effect of selected conservation materials used in the treatment of museum artefacts on some properties of textiles. *Polymer Degradation and Stability*, v. 87, n. 1, p. 121-130, 2005.

ALLEGRETTI, Ottaviano; DE VINCENZI, Matteo; UZIELLI, Luca; DIONISI-VICI, Paolo. Long-term hydromechanical monitoring of Wooden Objects of Art (WOA):

A tool for preventive conservation. *Journal of Cultural Heritage*, v. 14, n. 3, p. 161-164, 2013.

AL-SALLAL, Khaled A.; DALMOUK, Maitha M.. Bin. Indigenous buildings' use as museums: Evaluation of day-lit spaces with the Dreesheh double panel window. *Sustainable Cities and Society*, v. 1, n. 2, p. 116-124, 2011.

ASCIONE, Fabrizio; BELLIA, Laura; CAPOZZOLI, Alfonso; MINICHIELLO, Francesco. Energy saving strategies in air-conditioning for museums. *Applied Thermal Engineering*, v. 29, n. 4, p.676-686, 2009.

ARAFAT, Abeer; NA'ES, Maran; KANTARELOU, Vicky; HADDAD, Naseem; GIAKOUMAKI, Anastasia; ARGYROPOULOS, Vasilike; ANGLOS, Demetrios; KARYDAS, Andreas-Germanos. Combined *in situ* micro-XRF, LIBS and SEM-EDS analysis of base metal and corrosion products for Islamic copper alloyed artifacts from Umm Qais museum, Jordan. *Journal of Cultural Heritage*, v. 14, n. 3, p. 261-269, 2013.

BABIŃSKI, Leszek; IZDEBSKA-MUCHA, Dorota; WALISZEWSKA, Bogusława. Evaluation of the state of preservation of waterlogged archaeological wood based on its physical properties: basic density vs. wood substance density. *Journal of Archaeological Science*, v. 46, p. 372-383, 2014.

BECK, Lucile. Recent trends in IBA for cultural heritage studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 332, p. 439-444, 2014.

BEVAN, Andrew; LI, Xiuzhen; MARTINÓN-TORRES, Marcos; GREEN, Susan; XIA, Yin; ZHAO, Kun; ZHAO, Zhen; MA, Shengtao; CAO, Wei; REHREN, Thilo. Computer vision, archaeological classification and China's terracotta warriors. *Journal of Archaeological Science*, v. 49, n. 9, p. 249-254, 2014.

BOUTAINE, Jean L.. The modern museum. *Physical techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage*, v. 1, p. 1-39, 2006.

BUDNAR, Miloš; URŠIČ, Mitja; SIMČIČ, Jure; PELICON, Primož; KOLAR, Jana; ŠELIH, Vid Simon; STRLIČ, Matija. Analysis of iron gall inks by PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 243, n. 2, p. 407-416, 2006.

BUSSIÈRE, Pierre-Olivier ; GARDETTE, Jean-Luc ; THERIAS, Sandrine. Photodegradation of celluloid used in museum artifacts. *Polymer Degradation and Stability*, v. 107, p. 246-254, 2014.

CARVALHO, Ana Carolina Nogueira de O. da S. de; HANNESCH, Ozana; da COSTA, Antonio Carlos Augusto. Microbiological monitoring of ethnographic ornamental collections in the Museu do Índio. *Annual Research & Review in Biology*, v. 4, n. 7, p. 1024-1035, 2014.

CAVICCHIOLI, Andrea; NEVES, Carlos Antonio; PAIVA, Renato Inhasz; de FARIA, Dalva Lúcia Araújo. An upgraded automatic piezoelectric quartz crystal dosimeter for environmental monitoring in indoor cultural heritage conservation areas. *Sensors and Actuators B: Chemical*, v. 190, n. 1, p. 1014-1023, 2014.

CIGLANSKÁ, Michaela; JANČOVIČOVÁ, Viera; HAVLÍNOVÁ, Bohuslava; MACHATOVÁ, Zuzana; BREZOVÁ, Vlasta. The influence of pollutants on accelerated ageing of parchment with iron gall inks. *Journal of Cultural Heritage*, v. 15, n. 4, p. 373-381, 2014.

DA COSTA, Antonio Carlos Augusto; CORRÊA, Fernanda; SANT'ANNA, Gustavo; CARVALHO, Sheyla; dos SANTOS, Fernanda; LUTTERBACH, Marcia T. S.. Scanning electron microscopic characterization of iron-gall inks from different tannin sources – Applications for cultural heritage. *Chemistry and Chemical Technology*, v. 8, n. 4, p. 423-430, 2014.

DA COSTA, Antonio Carlos Augusto; CORRÊA, Fernanda N.; LINO, Lucia A. S.; de ALMEIDA, Eloisa Helena Pinto; OLIVEIRA, Ana Lucia Chaves; LUTTERBACH, Marcia Teresa Soares. Microbial characterization of contaminating cells on scientific collections in a specialized library. *Annual Research & Review in Biology*, v. 4, n. 24, p. 3915-3931, 2014.

DA COSTA, Antonio Carlos Augusto; FONSECA, Nazareth Ferreira; CARVALHO, Sheyla S.; SANTOS, Fernanda C. S. C.; BARKI, Luana; FREITAS, Denise S.; HERBST, Marcelo Hawrylak; LUTTERBACH, Marcia T. S.. *Central European Journal of Chemistry*, v. 11, n. 11, p. 1729-1739, 2013.

DA COSTA, Antonio Carlos Augusto; LINO, Lucia A. S.; HANNESCH, Ozana. Total microbial populations in air-conditioned spaces of a scientific museum: precautions related to biodeterioration of scientific collections. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, v. 1, n. 3, p. 1-6, 2011.

DA COSTA, Antonio Carlos Augusto; LINO, Lucia A. S.; HANNESCH, Ozana; GRATTAN, David W. Practical applications of Sebera's isoperms for estimating the impact on permanence of the transfer of important archival documents to more suitable storage conditions. *Restaurator*, v. 33, p. 156-178, 2012.

CSAPÓ, J.; CSAPÓ-KISS, Zs; CSAPÓ Jr., J. Use of aminoacids and their racemisation for age determination in archaeometry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 17, n. 3, p. 140-148, 1998.

CREAGH, Dudley. Physical techniques in the study of art, archaeology and cultural heritage. *Physical Techniques in the Study of Art, Archaeology and Cultural Heritage*, v. 2, p. 1-95, 2007.

DAHER, Céline; PIMENTA, Vanessa; BELLOT-GURLET, Ludovic. Towards a non-invasive quantitative analysis of the organic components in museum objects

varnishes by vibrational spectroscopies: Methodological approach. *Talanta*, v. 129, p. 336-345.

DZINAVATONGA, Kaitano; BHARUTH-RAM, Krish; MEDUPE, Thebe R. Mössbauer spectroscopy analysis of valence state of iron in historical documents obtained from the National Library of South Africa. *Journal of Cultural Heritage*, v. 16, p. 377-380, 2015.

FONTANA, Dorotea; ALBERGHINA, M. Francesca; BARRACO, Rosita; BASILE, Salvatore; TRANCHINA, Luigi; BRAI, Maria; GUELI, Anna; TROJA, S. Olindo. Historical pigments characterisation by quantitative X-ray fluorescence. *Journal of Cultural Heritage*, v. 15, n. 3, p. 266-274, 2014.

FORSTER, Nicola; GRAVE, Peter. Non-destructive PXRF analysis of museum-curated obsidian from the Near East. *Journal of Archaeological Science*, v. 39, n. 3, p. 728-736, 2012.

FOSTER, G.; ODLYHA, M.; HACKNEY, S. Evaluation of the effects of environmental conditions and preventive conservation treatment on painting canvases. *Thermochimica Acta*, v. 294, n. 1, p. 81-89, 1997.

FRAHM, Ellery; SCHMIDT, Beverly A.; GASPARYAN, Boris; YERITSYAN, Benik; KARAPETIAN, Sergei; MELIKSETIAN, Khachatur; ADLER, Daniel S. Ten seconds in the field: rapid Armenian obsidian sourcing with portable XRF to inform excavations and surveys. *Journal of Archaeological Science*, v. 41, p. 333-348, 2014.

GILMAN, Julie; JACXSENS, Liesbeth; de MEULENAER, Bruno; DEVLIEGHERE, Frank. Modified atmosphere packaging and irradiation to preserve contemporary food-based art: An experimental study. *Journal of Cultural Heritage*, v. 16, n. 3, p. 391-397, 2015.

GUTAROWSKA, Beata; SKORA, Justyna; ZDUNIAK, Katarzyna; REMBISZ, Daria. Analysis of the sensitivity of microorganisms contaminating museums and archives to silver nanoparticles. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 68, n. 3, p. 7-17, 2012.

HARBOTTLE, G.; GORDON, B. M.; JONES, K. W. Use of synchrotron radiation in archaeometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam interactions with materials and atoms*, v. 14, n. 1, p. 116-122, 1986.

HAVLÍNOVÁ, Bohuslava; BABIAKOVÁ, D.; BREZOVÁ, Vlasta; ĎUROVIČ, M.; NOVOTNÁ, M.; BELÁNYI, F. The stability of offset inks on paper upon ageing. *Dyes and Pigments*, v. 54, n. 2, p. 173-188, 2002.

HAVLÍNOVÁ, Bohuslava; KATUŠČÁK, Svetozár; PETROVIČOVÁ, Miroslava; MAKOVÁ, Alena; BREZOVÁ, Vlasta. A study of mechanical properties of papers exposed to various methods of accelerated ageing. Part I. The effect of heat and

humidity on original wood-pulp papers. *Journal of Cultural Heritage*, v. 10, n. 2, p. 222-231, 2009.

DEL HOYO-MELÉNDEZ, Julio M.; MECKLENBURG, Marion F.; DOMÉNECH-CARBÓ, María Teresa. An evaluation of daylight distribution as an initial preventive conservation measure at two Smithsonian Institution Museums, Washington DC, USA. *Journal of Cultural Heritage*, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2011.

HU, Wenjing; ZHANG, Kun; ZHANG, Hui; ZHANG, Bingjian; RONG, Bo. Analysis of polychromy binder on Qin Shihuang's Terracotta Warriors by immunofluorescence microscopy. *Journal of Cultural Heritage*, v. 16, n. 2, p. 244-248, 2015.

JANSSEN, Hans; CHRISTENSEN, Jørgen Erik. Hygrothermal optimization of museum storage spaces. *Energy and Buildings*, v. 56, p. 169-178, 2013.

KAČÍK, František; KAČÍKOVÁ, Danica; JABLONSKÝ, Michal; KATUŠČÁK, Svetozár. Cellulose degradation in newsprint paper ageing. *Polymer Degradation and Stability*, v. 94, n. 9, p. 1509-1514, 2009.

KARYDAS, A. G.; KOTZAMANI, D.; BERNARD, R.; BARRANDON, J. N.; ZARKADAS, C. A. compositional study of a museum jewellery collection (7th.-1st. BC) by means of a portable XRF spectrometer. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Interactions with Materials and Atoms*, v. 226, n. 1-2, p. 70-78, 2008.

KIMBLE, G. Children learning about biodiversity at an environment centre, a museum and at live animal shows. *Studies in Educational Evaluation*, v. 41, p. 48-57, 2014.

KOCIĆ, Katarina; SPASIĆ, Tijana; UROŠEVIĆ, Mira Aničić; TOMAŠEVIĆ, Milica. Trees as natural barriers against heavy metal pollution and their role in the protection of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, v. 15, n. 3, p. 227-233, 2014.

KOLAR, J.; MALEŠIČ, J.; KOČAR, D.; de BRUIN, G.; KOLEŠA, D. Characterisation of paper containing iron gall ink using size exclusion chromatography. *Polymer Degradation and Stability*, v. 97, n. 11, p. 2212-2216.

KONSA, Kurmo; TIRRUL, Indrek; HERMANN, Annes. Wooden objects in museums: Managing biodeterioration situation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 86, n. 1, p. 165-170, 2014.

KRUPIŃSKA, Barbara; VAN GRIEKEN, René; DE WAEL, Karolien. Air quality monitoring in a museum for preventive conservation: Results of a three-year study in the Plantin-Moretus Museum in Antwerp, Belgium. *Microchemical Journal*, v. 110, n. 9, p. 350-360, 2013.

KUZMINSKY, Susan C.; GARDINER, Megan S. Three-dimensional laser scanning: potential uses for museum conservation and scientific research. *Journal of Archaeological Science*, v. 39, n. 8, p. 2744-2751, 2012.

LI, Biao. Some parameters affecting the diffusion of SO₄²⁻ used in iron gall ink: Preliminary findings. *Forensic Science International*, v. 231, n. 1-3, p. 43-49, 2013.

LUTTERBACH, Marcia T. S.; OLIVEIRA, Ana Lucia C.; ZANATTA, Eliane M.; da COSTA, Antonio Carlos Augusto. A berlinda de aparato do imperador D. Pedro II: identificação de fungos em partes selecionadas e sua relação com biodeterioração e aerobiologia. *Conservar Patrimônio*, v. 17, p. 59-72, 2013.

MANSO, Marta; LE GAC, Agnes; LONGELIN, Stéphane; PESSANHA, Sofia; FRADE, José Carlos; GUERRA, Mauro; CANDEIAS, António José; CARVALHO, Maria Luísa. Spectroscopic characterization of a masterpiece: The Manueline foral charter of Sintra. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 105, p. 288-296, 2013.

MARTINI, Marco; SIBILIA, E. Radiation in archaeometry: archaeological dating. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 61, n. 3-6, p. 241-246, 2001.

McPHAIL, D. S. Some applications of SIMS in conservation science, archaeometry and cosmochemistry. *Applied Surface Science*, v. 252, n. 19, p. 7107-7112, 2006.

MENU, Michel. IBA in the museum: Why AGLAE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Interactions with Materials and Atoms*, v. 45, p. 597-603, 1990.

MERELLO, Paloma; FERNÁNDEZ-NAVAJAS, Ángel; CURIÉL-ESPARZA, Jorge; ZARZO, Manuel; GARCÍA-DIEGO, Fernando-Juan. Characterisation of thermo-hygrometric conditions of an archaeological site affected by unlike boundary weather conditions. *Building and Environment*, v. 7, n. 6, p. 125-133.

LA NASA, Jacopo; DEGANI, Ilaria; MODUGNO, Francesca; COLOMBINI, Maria Perla. Effects of acetic acid vapour on the ageing of alkyd paint layers: Multi-analytical approach for the evaluation of the degradation processes. *Polymer Degradation and Stability*, v. 105, p. 257-264, 2014.

LITTLEJOHN, David; PETHRICK, Richard A.; QUYE, Anita; BALLANY, Jane M. Investigation of the degradation of cellulose acetate museum artefacts. Investigation of the degradation of cellulose acetate museum artefacts. *Polymer Degradation and Stability*, v. 98, n. 1, p. 416-424, 2013.

MANHITA, Ana; BALCAEN, Lieve; VANHAECKE, Frank; FERREIRA, Teresa; CANDEIAS, António; DIAS, Cristina Barrocas. Unveiling the colour palette of Arraiolos carpets: Material study of carpets from the 17th to 19th century period

by HPLC-DAD-MS and ICP-MS. *Journal of Cultural Heritage*, v. 15, n. 3, p. 292-299, 2014.

MANNING, Sturt W.; DEE, Michael W.; WILD, Eva M.; RAMSEY, Christopher Bronk; BANDY, Kathryn; CREASMAN, Pearce Paul; GRIGGS, Carol B.; PEARSON, Charlotte L.; SHORTLAND, Andrew J.; STEIER, Peter. High-precision dendro-14C dating of two cedar wood sequences from First Intermediate Period and Middle Kingdom Egypt and a small regional climate-related 14C divergence. *Journal of Archaeological Science*, v. 46, p. 401-416, 2014.

MOISE, Ioan Valentin; VIRGOLICI, Marian; NEGUT, Constantin Daniel; MANEA, Mihaela; ALEXANDRU, Mioara; TRANDAFIR, Laura; ZORILA, Florina Lucica; TALASMAN, Catalina Mihaela; MANEA, Daniela; NISIPEANU, Steluta; HAIDUCU, Maria; BALAN, Zamfir. Establishing the irradiation dose for paper decontamination. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 81, n. 8, p. 1045-1050, 2014.

REMAZEILLES, Céline ; QUILLET, Véronique ; CALLIGARO, Thomas ; DRAN, Jean Claude ; PICHON, Laurent ; SALOMON, Joseph. PIXE elemental mapping on original manuscripts with an external microbeam. Application to manuscripts damaged by iron-gall ink corrosion. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 181, n. 1-4, p. 681-687, 2001.

RIZZUTO, Marcia de Almeida; MORO, M. V.; SILVA, T. F.; TRINDADE, G. F.; ADDED, N.; TABACNIKS, M. H.; KAJIYA, E. M.; CAMPOS, P. H. V.; MAGALHÃES, A. G.; BARBOSA, M. External-PIXE analysis for the study of pigments from a painting from the Museum of Contemporary Art. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 332, p. 411-414, 2014.

ROBBIOLA, Luc; QUEIXALOS, Inocencia; ZWICK, Antoine; BASLÉ, Katia; DANIEL, Floréal; DRIEUX-DAGUERRE, Monique; DUCOM, Patrick J. F.; FRITSCH, Jérôme. Disinfestation of historical buildings – corrosion evaluation of four fumigants on standard metals. *Journal of Cultural Heritage*, v. 16, n. 1, p. 15-25, 2015.

ROUCHON, Véronique; DURANTON, Maroussia; BELHADJ, Oulfa; BASTIER-DEROCHES, Marthe; DUPLAT, Valéria; WALBERT, Charlotte; HANSEN, Birgit Vinther. The use of halide charged interleaves for treatment of iron gall ink damaged papers. *Polymer Degradation and Stability*, v. 98, n. 7, p. 1339-1347, 2013.

SAWOSZCZUK, Tomasz; BARAŃSKI, Andrzej; ŁAGAN, Janusz Marek; ŁOJEWSKI, Tomasz; ZIĘBA, Katarzyna. On the use of ASTM closed vessel tests in accelerated ageing research. *Journal of Cultural Heritage*, v. 9, n. 4, p. 401-411, 2008.

SCHIEWECK, Alexandra; SALTHAMMER, Tunga. Indoor air quality in passive-type museum showcases. *Journal of Cultural Heritage*, v. 12, n. 2, p. 205-213, 2011.

SCHIEWECK, Alexandra; DELIUS, W.; SIWINSKI, N.; VOGTENRATH, W.; GENNING, C.; SALTHAMMER, T. Occurrence of organic and inorganic biocides in the museum environment. *Atmospheric Environment*, v. 41, n. 15, p. 3266-3275, 2007.

SWANN, Charles P.; FLEMING, Stuart J. New directions in the Bartol PIXE system for studies in archaeometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam interactions with materials and atoms*, v. 14, n. 1, p. 61-69, 1986.

UDA, M.; ISHIZAKI, A.; SATOH, R.; OKADA, K.; NAKAJIMA, Y.; YAMASHITA, D.; OHASHI, K.; SAKURABA, Y.; SHIMONO, A.; KOJIMA, D. Portable X-ray diffractometer equipped with XRF for archaeometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam interactions with materials and atoms*, v. 239, n. 1-2, p. 77-84, 2005.

VÄNSKÄ, Emilia; LUUKKA, Minna; SOLALA, Iina; VUORINEN, Tapani. Effect of water vapor in air on thermal degradation of paper at high temperature. *Polymer Degradation and Stability*, v. 99, p. 283-289, 2014.

VERGA, Flaminia; CONTI, Lucia; di LUZIO, Emiliano; LENTINI, Alessandro. Late republican transport amphorae of the Tiber Valley (Rieti – Italy): Preliminary study on their composition and archaeometrical characterization. *Journal of Cultural Heritage*, v. 16, n. 1, p. 106-112, 2015.

WAGNER, Barbara; BULSKA, Ewa; STAHL, Branko; HECK, Martin; ORTNER, Hugo M.. Analysis of Fe valence states in iron-gall inks from XVIth century manuscripts by ⁵⁷Fe Mössbauer spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, v. 527, n. 2, p. 195-202, 2004.

WATKINSON, David. Conservation, corrosion science and evidence-based preservation strategies for metallic heritage artefacts. *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts - A volume in European Federation of Corrosion (EFC) Series*, p. 9-36, 2013.

WOROBIEC, Anna; SAMEK, Lucyna; KRATA, Agnieszka; van MEEL, Katleen; KRUPINSKA, Barbara; STEFANIAK, Elżbieta; KARASZKIEWICZ, Paweł; van GRIEKEN, René. Transport and deposition of airborne pollutants in exhibition

areas located in historical buildings – study in Wawel Castle Museum in Cracow, Poland. *Journal of Cultural Heritage*, v. 11, n. 3, p. 354-359, 2010.

ZOU, Xuejun; GURNAGUL, Norayr; UESAKA, Tetsu; BOUCHARD, Jean. Accelerated aging of papers of pure cellulose: mechanism of cellulose degradation and paper embrittlement. *Polymer Degradation and Stability*, v. 43, n. 3, p. 393-402, 1994.

ZUCCHIATTI, Alessandro; FONT, Aurelio Climent; NEIRA, Patricia Carolina Gutierrez; PEREA, Alicia; ESQUIVEL, Patricia Fernandez; VERDE, Ana. Prehispanic goldwork technology study by PIXE analysis. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, v. 332, p. 160-164, 2014.