

# PERSPECTIVAS COOPERATIVAS ENTRE ACADEMIA E CONSERVADORES NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO PREVENTIVA DE BENS CULTURAIS

**ANDREA CAVICCHIOLI**, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, SÃO PAULO, SÃO PAULO, BRASIL.  
Doutor em química analítica, professor associado da Universidade de São Paulo (USP), Escola de Artes,  
Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.  
E-mail: andrecav@usp.br

**DOI**  
<http://dx.doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v0i23p245-273>

# **PERSPECTIVAS COOPERATIVAS ENTRE ACADEMIA E CONSERVADORES NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO PREVENTIVA DE BENS CULTURAIS**

ANDREA CAVICCHIOLI

## **RESUMO**

O presente trabalho procura refletir sobre a questão da caracterização ambiental como ferramenta imprescindível na conservação preventiva do patrimônio cultural material, considerando em particular a atuação da academia no processo de introdução ou consolidação de práticas dessa natureza em instituições que têm como missão a preservação de acervos. Em particular, serão apresentadas algumas experiências significativas dessa atuação surgidas nos últimos anos por iniciativa de grupos da Universidade de São Paulo, tanto na esfera da pesquisa e do desenvolvimento de soluções inovadoras como no âmbito de ações de extensão universitária voltadas para a capacitação de conservadores e a disseminação de conhecimentos técnico-científicos.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Conservação preventiva. Controle ambiental. Sustentabilidade do patrimônio cultural material.

# **COOPERATIVE PERSPECTIVES BETWEEN ACADEMY AND CONSERVATORS IN ENVIRONMENTAL CHARACTERISATION FOR THE CONSERVATION OF CULTURAL HERITAGE**

ANDREA CAVICCHIOLI

## **ABSTRACT**

The present paper aims to reflect on the subject of environmental characterisation as an indispensable tool for the preventive conservation of tangible cultural heritage, taking into account the role of academy in the process of introduction or consolidation of such practices in institutions devoted to the preservation of collections. In particular, exemplary experiences arisen within the University of São Paulo (Brazil) will be presented. These encompass cases of research and development of innovative solutions as well as actions directed to the training of conservators and the dissemination of technical scientific knowledge.

## **KEYWORDS**

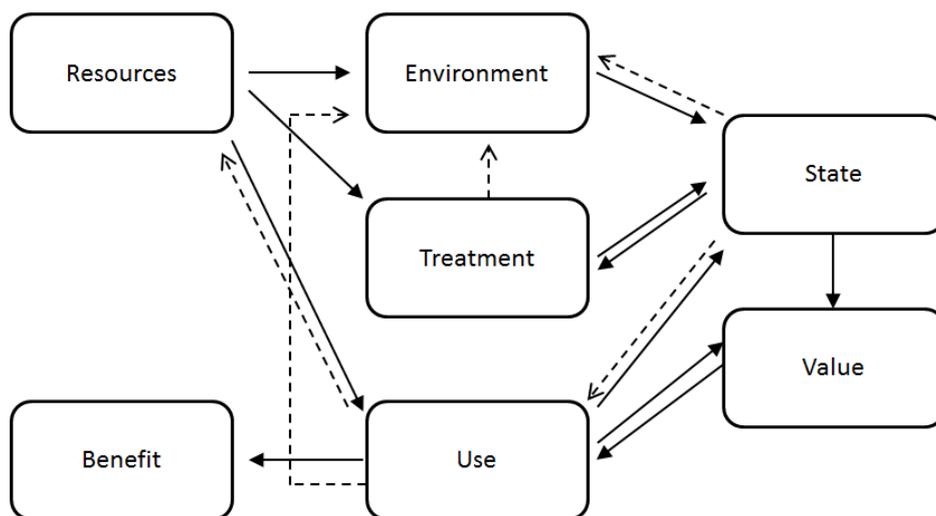
Preventive Conservation. Environmental Control. Sustainability of Tangible Cultural Heritage.

## 1 CONSIDERAÇÕES SOBRE CONTROLE E GESTÃO AMBIENTAL NA PERSPECTIVA DA CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

Uma frase que pode resumir em poucas palavras a missão da conservação preventiva — hoje enxergada por muitos como a abordagem principal na política de proteção dos acervos — encontra-se na introdução do livro *Environmental Management: Guidelines for Museums and Galleries*, de May Cassar, na qual se afirma que “*the key to the survival of museum collections is a stable indoor environment and vital to this is a well-maintained building with effective environmental services*” (CASSAR, 1994, p. xi) e onde se aponta não somente que a conservação preventiva está intimamente ligada à qualidade ambiental, mas também que ela depende da efetiva conciliação entre aspectos teóricos e questões práticas, com estratégias de gestão de espaços *indoor*. O conservador é antes de tudo um profissional atento às exigências de museus e galerias e ciente de seus diversos interesses, alguém preocupado com a implementação de modelos de gestão do espaço, do funcionamento e das pessoas envolvidas, muito embora a necessidade de garantir a manutenção física das coleções e a minimização do risco de danos inevitavelmente impliquem na compreensão das bases físico-químicas do problema da estabilidade dos materiais e no conhecimento aprofundado das dinâmicas microclimáticas dos ambientes.

Vários autores (BAER, 1989; ASHLEY-SMITH, 1998; WALLER, 2002; MICHALSKI, 2004) avançam de forma ainda mais sofisticada no raciocínio e utilizam o conceito de *risco de impacto*, com o qual se estima a gravidade de possíveis eventos deletérios para a estabilidade dos objetos, sendo esta ponderada em função da probabilidade de o evento ocorrer. Esse procedimento leva a uma apreciação numérica ou semiquantitativa do risco (*risk assessment*, por exemplo: risco baixo, médio ou elevado) cujo manejo serve como base para tomadas de decisões (*decision making driven by risk management*). Essa abordagem também pressupõe aprofundar conhecimentos sobre a ação de fatores ambientais sobre os materiais — discussão que de fato ocupa uma boa parte da monografia de Ashley-Smith e das outras referências bibliográficas — apesar de esse tipo de noção ser considerado em relação a outros aspectos que influenciam no risco de perdas em valor dos artefatos e, em última análise, ser analisado pragmaticamente à luz de balanços entre custo e benefício (Figura 1).

FIGURA 1  
 Diagrama que mostra a influência recíproca de diversos fatores que afetam a degradação de objetos e seus materiais (condições ambientais, uso e tratamentos aplicados) e os elementos ligados ao funcionamento e à gestão da instituição responsável pela conservação. As setas cheias indicam interações fortes e as vazias, as fracas (de acordo com a fonte). FONTE: adaptado de Ashley-Smith (1998).



No quadro apresentado, as relações são todas bastante óbvias, mas um aspecto que merece ser realçado é o fato de que, entre todos os fatores considerados, somente o “uso” influencia na geração de “recursos” da qual depende, claramente, a capacidade de um efetivo controle do “ambiente”. Por outro lado, esse é um anel-chave na definição do “estado” de conservação, o “valor” atribuído ao objeto e, portanto, em última análise, novamente ao “uso” e à disponibilidade de “recursos”.

Naquilo que poderia ser considerado uma aproximação ideal na gestão de coleções e espaços de conservação, as informações são analisadas em modelos que levam em consideração o funcionamento do sistema como um todo numa visão holística da conservação, em que seja reduzido ao máximo o espaço para ações individuais. Nessa linha de raciocínio, Michalski observa que:

*One then looks for options that address several risks at once. It may be more cost-effective to spend a little more on an option that solves several risks than to implement the lowest cost option of each risk. [...] The word integrated has recently emerged as another preservation management ideal. It means to bring an independent and isolated activity into the larger system. The goal is not just a grand theory, but a practical holistic operation. It is a relative term, inasmuch as some apply it to the integration of pest control within the museum operations, others propose it for all preservation activities within the museum. The challenge is this: an integrated method is a diffuse and system wide method that cuts across many independent museum activities (MICHALSKI, 2004, p. 67-68, grifo nosso).*

Claramente, trata-se aqui de uma situação que dificilmente, na realidade, é abordada num grau tão elevado de sofisticação que talvez somente as grandes instituições tenham fôlego para sustentar. Entretanto, esses trabalhos podem ser enxergados, pelo menos, como uma inspiração para promover uma cultura de real e robusta sensibilidade sobre processos de degradação e fatores que influenciam em sua taxa de ocorrência e de organização e planejamento das atividades de conservação que vão além do amadorismo e da improvisação. Em particular, Michalski alerta sobre os perigos de pautar a gestão de ambientes interiores exclusivamente num

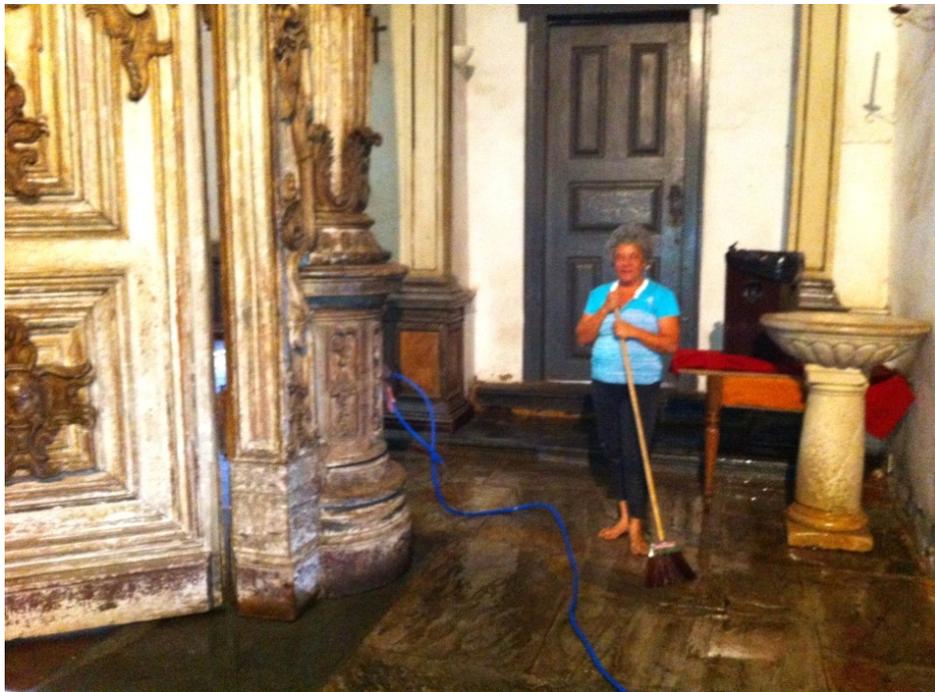
espírito de bom senso e com práticas tidas como adequadas para a manutenção de residências comuns:

*Many authors have noted that the strategies of traditional “good house-keeping” resemble good collection preservation. In other words, a lot of preservation is common sense. In fact, the “list of the basics” presented earlier would be very familiar to a housekeeper a hundred years ago. On the other hand, some habits of housekeeping can damage the museum collections (MICHALSKI, 2004, p. 66).*

A experiência pessoal do autor confirma, em muitos casos, essa tendência, como exemplificado no caso apresentado na Figura 2.

FIGURA 2

Fotografia que mostra funcionárias cuidando com zelo da limpeza do chão numa igreja barroca (sec. XVIII) em Minas Gerais. A água é trazida para dentro da edificação por uma mangueira e despejada em abundância sobre o chão de pedra e atinge e impregna a base de portas, colunas e outros elementos de madeira. A igreja apresenta severos problemas de biodeterioração (fungos e cupins principalmente) cujo desenvolvimento é drasticamente influenciado pela umidade relativa do ar e o teor de umidade presente no substrato. FONTE: acervo pessoal do autor (agosto 2013).



Por outro lado, também não há como negar que a gestão das condições ambientais de locais de conservação frequentemente dispensa ferramentas de controle muito sofisticados ou, pelo menos, pode ser convenientemente obtida por meio de atitudes simples e econômicas, por exemplo, com relação ao manejo da iluminação. Uma recente visita ao Museu Casa da Xilogravura, em Campos do Jordão (SP), gerido pelos criadores e proprietários de forma atenta e primorosa, porém sem o suporte de uma equipe profissionalizada de conservadores, revelou-nos a grata surpresa de ver toda uma série de soluções logísticas totalmente inspiradas nos cânones da conservação preventiva, desde a instalação elétrica do sistema de iluminação da sala, inteiramente realizada externamente às estruturas de alvenaria, até o sistema anti-incêndio e mesmo adaptações nos modelos de construção concebidos para minimizar riscos de infiltração de água de chuva.

De um modo geral, há três recomendações que parecem ser importantes aqui destacar ainda na direção de impulsionar um controle ambiental eficiente de áreas de conservação e, portanto, aquilo que cada vez mais está sendo chamado de *sustentabilidade do patrimônio cultural material* e são elas: i) o investimento em processos inteligentes de gestão de espaços; ii) a não aderência cega a preceitos de qualidade ambiental fechados e iii) a ousadia no questionamento de paradigmas e preconceitos.

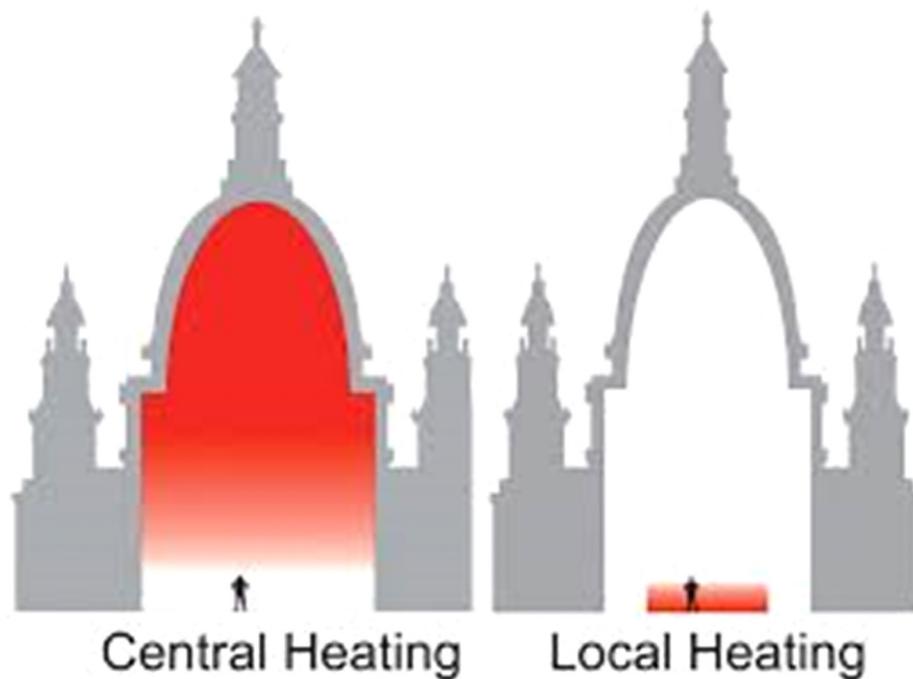
Com relação ao primeiro ponto, pode ser mais fácil partir do exemplo emblemático representado pelo estudo do grupo do ISAC-CNR, de Padova (Itália), liderado por Dario Camuffo e referente a pesquisas realizadas no âmbito do projeto *Church Heating: A Balance between Conservation and Thermal Comfort* (CAMUFFO; DELLA VALLE, 2007). No caso, tratou-se evidentemente de buscar soluções avançadas que permitissem harmonizar a demanda por calefação em igrejas em regiões de clima temperado com evidentes problemas de conservação de bens culturais conservados nesses templos.

Conforme mostrado nos trabalhos dos pesquisadores envolvidos, adotar procedimentos de aquecimento generalizado e derivados das práticas domésticas corriqueiras apresentava uma série de inconvenientes de ordem econômica (custos de geração de energia em ambientes de grandes dimensões) e de conservação patrimonial. Em particular, ficaram bem

caracterizadas as fortes alterações microclimáticas (sobretudo, umidade relativa) decorrentes de fenômenos de alta intensidade em curtos intervalos de tempo (aquecimento das igrejas durante os cultos), com evidentes impactos na estabilidade mecânica de materiais higroscópicos. O rol de soluções que as pesquisas propuseram incluiu opções direcionadas e que lançavam mão da disponibilidade de recursos tecnológicos disponíveis no mercado e não necessariamente de elevado investimento de capital: por exemplo, o uso de bancos aquecidos (*pew heating*) ou de aquecedores de infravermelho direcionado de baixa temperatura (*low-temperature radiant heaters*). Com isso, o microclima das áreas de conservação evoluiria da forma indicada na Figura 3.

FIGURA 3

Gradientes térmicos que se estabelecem em ambientes de grandes dimensões, como as igrejas, ao se utilizar sistemas convencionais de aquecimento (esquerda) ou sistemas inteligentes e direcionados, visando à minimização nas alterações microclimáticas (direita). FONTE: Camuffo (2007).



Um outro exemplo de gestão inteligente de ambientes/microambientes visando ao controle da qualidade ambiental para a conservação de bens culturais que podemos citar a partir de experiências diretas é oriundo dos países norte-europeus e relativo a órgãos de tubos do período barroco, uma problemática evidenciada em várias pesquisas anteriores (CLARK, 2004; CHIAVARI et al., 2006; CHIAVARI et al., 2008) e ilustrada no exemplo da Figura 4. No caso, o acúmulo de compostos ácidos liberados pelas madeiras no interior do someiro representa um importante fator de agressão para os tubos sonoros feitos de chumbo ou ligas de chumbo. O problema pode ser amenizado com simples medidas de ventilação, nos período de repouso do instrumento, com a abertura dos compartimentos fechados ou até o acionamento do fole em baixa potência e a abertura das válvulas.

FIGURA 4

Órgão barroco da igreja luterana de Marienhaf, na Frísia oriental (Alemanha). Registro dos problemas de corrosão dos tubos de chumbo causados pela agressão de ácidos orgânicos voláteis e simples procedimentos de ventilação dos compartimentos fechados do instrumento. Fonte: acervo pessoal do autor (agosto 2013).



Tratam-se, portanto, de escolhas de custo relativamente baixo pensadas e desenvolvidas a partir de uma conscientização da problemática da conservação, mas tendo também em vista exigências de uso do espaço. É claro que a intervenção dos especialistas, nesses casos, é fundamental, bem como o conhecimento científico e a realização de estudos preliminares em várias direções. No entanto, nota-se que o fator limitante, em muitos casos, não é o financeiro e nem mesmo o tecnológico, mas sim a ausência de uma real cultura de conservação preventiva.

Essa observação nos remete para os demais pontos, já que o que se constata, nas situações em que a conservação preventiva é de fato levada em consideração como estratégia de conservação, é sobretudo a aceitação acrítica de padrões de qualidade que circulam em manuais e muitas vezes desenvolvidos em contextos e para finalidades completamente distintas daquelas de determinadas realidades com suas exigências específicas. A esse respeito, cabe mencionar a importância de pensar o controle ambiental em regiões tropicais como uma questão com suas próprias peculiaridades, conforme discutido por Franciza Toledo:

*Climatic stability is more important than the internationally known and recommended standard climatic values. The notion of an “ideal museum environment” is therefore relative, and architects, when designing or adapting a building to house a museum collection, should aim for a steady indoor climate (Toledo, 2007, p. 25).*

E é nesse espírito que os tradicionais padrões microclimáticos para os museus, vistos durante muitos anos como a meta no controle ambiental e a solução para a conservação preventiva das coleções, hoje são questionados em sua exequibilidade, se não mesmo quanto a sua validade. Nesse quadro, cada vez mais ganha terreno, na área de controle microambiental, a ideia de intervenção mecânica mínima e incentivo a formas passivas para atingir os objetivos de estabilidade ambiental (PADFIELD, LARSEN, 2004; PADFIELD et al., 2007).

## 2. A ATUAÇÃO DA ACADEMIA: CONTRIBUIÇÕES DE PESQUISA E EXTENSÃO PARA A CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

No Brasil, nas últimas duas ou três décadas, é inquestionável que a ex-

pansão das pesquisas científicas nas questões relacionadas aos bens culturais tenha criado oportunidades para uma maior inserção de posturas preventivas nas práticas das instituições de conservação. A contribuição da academia e, em particular, de grupos ligados às ciências exatas, deu-se em duas direções. Por um lado, trilhando o caminho do desenvolvimento de novas metodologias e abordagens avançadas que ampliassem as perspectivas de caracterização e controle ambiental, por exemplo, buscando estender e adaptar ao contexto da conservação tecnologias de certa forma já consolidadas em outras áreas (pensamos nos ensinamentos oferecidos pelas nanotecnologias e por sistemas de telemetria e processamento de dados). Por outro, abrindo oportunidades de parcerias que propiciassem a formação dos profissionais da área no uso otimizado de ferramentas convencionais e visando à concepção de estratégias de gestão para a conservação preventiva. Nos próximos parágrafos, serão relatadas experiências conduzidas nessas duas linhas e nos últimos anos na Universidade de São Paulo, com o intuito de mostrar como esses processos de interação ocorreram na prática e quais foram suas limitações e potencialidades.

2.1 A pesquisa científica em prol da conservação preventiva: a dosimetria como estratégia de avaliação de agressividade ambiental

Estratégias de diagnóstico do ambiente baseadas nas respostas de materiais decorrentes de sua exposição ao mesmo ambiente têm origem no chamado teste de Oddy (*Oddy test*), proposto em 1973 (ODDY, 1973). O teste foi introduzido para avaliar a adequação de materiais a serem usados no interior de museus para a montagem e a decoração de vitrines e gabinetes de exposição, ou qualquer outra finalidade. Ele prevê manter *coupons* de diversos metais (prata, cobre e chumbo) enclausurados dentro de um recipiente estanque contendo uma amostra do material a ser testado, em condições de saturação de umidade, a 60° C, por 28 dias. O aparecimento de sinais visíveis de corrosão em pelo menos uma das superfícies metálicas indicaria a emissão, por parte do material em exame, de substâncias gasosas potencialmente danosas para a estabilidade das coleções. A ideia foi retomada mais adiante por outros autores em versões diferentes no intuito de aprimorar e estender sua aplicabilidade, inclusive com metodologias mais sofisticadas para a verificação da ocorrência dos

processos de corrosão, seja por técnicas eletroquímicas (DOMÉNECH-CARBÓ et al., 2009) seja por técnicas espectroscópicas (PUGLIERI et al., 2013). A aplicação dessas técnicas de reconhecimento dos efetivos produtos de corrosão apresenta a vantagem adicional de apontar de maneira mais específica para as substâncias responsáveis por causar a corrosão.

Seguindo o mesmo tipo de abordagem, sistemas de monitoramento baseados na resposta de diversos outros materiais foram desenvolvidos ao longo dos anos. Leissner e Fuchs (1992) propuseram o uso de sensores baseados em lâminas de vidro que, quando sujeitas à corrosão pela ação conjunta de umidade e de substâncias gasosas com ação ácida, sofrem por processo de degradação. A partir desse momento (anos 1990), começa a se impor o termo de *dosímetro* para esse tipo de dispositivo, pois se entende que ele constitui uma forma para quantificar a dose de estresse recebida pelo material ao longo do tempo de exposição e resultante da ação integrada de diversos fatores (no caso, umidade e presença de alguns poluentes). A conveniência do método resulta da possibilidade de quantificar a resposta do material de maneira relativamente simples e num estágio bastante preliminar, de modo a conseguir medições significativas dentro de um prazo de tempo razoável (tipicamente da ordem de algumas semanas).

Ryhl-Svendsen (2008) propõe o uso de *coupons* de chumbo para medir e comparar a corrosividade de microambientes, num método em que o parâmetro medido é a perda de massa do *coupon*, decorrente de sua corrosão e subsequente lavagem em meio ácido. Prosek et al. (2008) e Dubus e Prosek (2012), com o uso de dispositivos eletrônicos, utilizam princípio similar para realizar uma caracterização de ambientes de conservação na França e ranquear os diversos ambientes de instituições de conservação (exposição, reservas técnicas, gabinetes) em termos de grau de corrosividade e, portanto, adequação para objetos metálicos.

Van den Brink et al. (2000) apresentam dosímetros a base de uma combinação de tiras de tintas a têmpera com diferentes pigmentos e também consideram a ação integrada dos diversos fatores ambientais na degradação desses materiais analisando as transformações por meio das alterações químicas. Mais recentemente, outra geração de dosímetros foi proposta com base no uso de um polímero orgânico (GRØNTTOFT, 2007),

um material que sofre pela ação cooperativa de poluentes oxidantes, radiação luminosa ultravioleta e temperatura. O efetivo dispositivo, denominado de EWO (*Early Warning Dosimeter for Organic Objects*) e mostrado na Figura 5a) apresenta algumas características peculiares desenvolvidas de maneira a facilitar o armazenamento da informação, atuando como dispositivo *datalogger*. O *chip* deve ser periodicamente inserido num fotômetro portátil construído *ad hoc* para o descarregamento dos dados e a leitura da informação.

FIGURA 5 A)

Fotografia e representação esquemática de dosímetros EWO (Early Warning Dosimeters for Organic Objects), desenvolvidos no Norwegian Institute for Air Research (NILU). Fonte: Disponível em: <<http://www.nilu.no/master/documents/5.MASTER%20EWO-G%20dosimeter%20technical%20research-Terje%20Grontoft.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2014

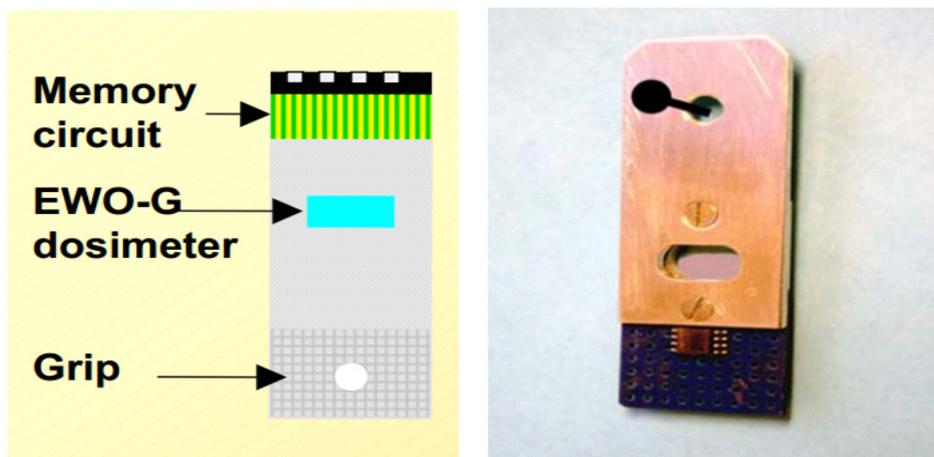
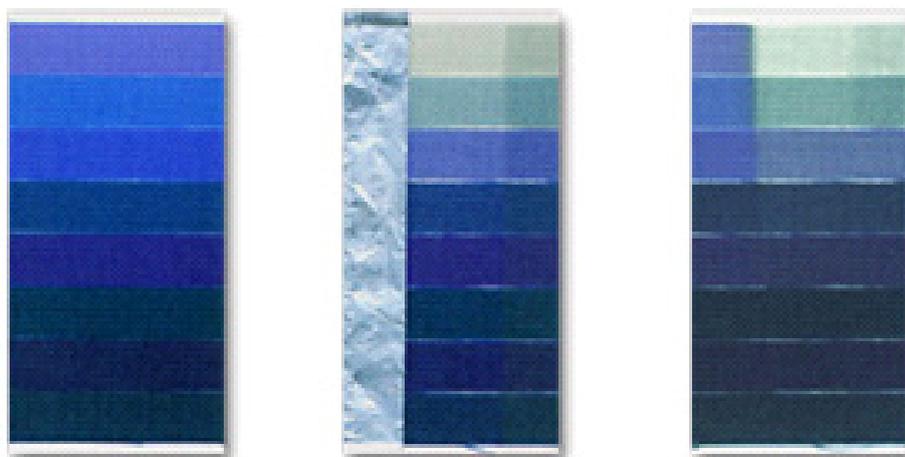


FIGURA 5 B)

Exemplo do efeito da radiação luminosa nos padrões de Blue Wool, usados para avaliar a agressividade de um ambiente com relação àquele fator. Fonte: fotografia de Anne Botman, disponível em: <<http://nature.ca/en/research-collections/our-collections/collection-conservation>>. Acesso em 27 mar. 2014.



Outros dosímetros ainda mais específicos e sensíveis principalmente a um único fator ambiental foram desenvolvidos. Entre eles, possivelmente o mais conhecido é o kit *Blue Wool Standards* (Figura 5b) concebido para mensurar o efeito da radiação luminosa e baseado no emprego de corantes azuis de diferentes níveis de sensibilidade à luz (*lightfastness*). Adotado pela ISO (R105) e pelo sistema *British Standards* (BS1006), estabelece uma escala de oito níveis de graus de agressividade.

Os sistemas de dosímetros mostrados (metais, vidro, tintas a temperatura e filme polimérico, corantes em substrato de lã), que também foram denominados de sensores de impacto (*impact sensors*, BACCI et al., 2008), têm em si uma vantagem intrínseca que é a de proporcionarem uma informação sobre a efetiva interação entre os materiais e o ambiente circunstante, individualmente ou em sinergia, fato que o simples monitoramento dos diversos fatores ambientais não revelaria imediatamente. O cientista da conservação que dispusesse de, por exemplo, um dosímetro a lâmina de vidro poderia de forma simples e a baixo custo avaliar o grau de agressividade de seus espaços de conservação em termos de sinergia entre umidade e poluentes ácidos, realizar comparativos entre salas diferentes na hora de decidir a alocação dos objetos a exibir e ter um meio para acompanhar ao longo do tempo a estabilidade de seus microambientes, detectando, eventualmente, o surgimento inesperado de condições adversas ou proporcionando uma ferramenta para avaliar melhoras antes e depois de ações de mitigação.

Esses sistemas apresentam potencialidades para a transmissão da informação pretendida para um processador remoto e também para sua miniaturização características que, juntamente ao consumo de energia que é nulo ou muito baixo, constituem elementos bastante atrativos por tornarem os dispositivos pouco invasivos para uso em áreas de conservação. É nessa linha que pesquisas focadas no uso de dosímetros automáticos e miniaturizados foram desenvolvidas a partir de 2003 por grupos de pesquisa da USP, inserindo-se nessas tendências que tinham recebido bastante destaque no âmbito internacional (CAVICCHIOLI, FARIA, 2006a; CAVICCHIOLI, FARIA, 2006b; CAVICCHIOLI et al., 2008; PUGLIERI et al., 2014).

A novidade da abordagem proposta foi de utilizar um material pic-

tórico como alvo da agressão de fatores ambientais e aproveitar o fato de que o gradativo avançar das alterações químicas provocadas por essa ação poderia ser acompanhada através das mudanças de comportamento físico de um transdutor incorporado num dispositivo eletrônico para o registro e a memorização da informação. A lógica desse procedimento está ilustrada na Figura 6. No caso, o transdutor utilizado para essa finalidade seria um ressonador de cristal de quartzo, componente conhecido como microbalança de quartzo.

As pesquisas levaram ao desenvolvimento de diversas gerações de dosímetros piezelétricos, mostradas na Figura 7, e a aplicações práticas em pelo menos dois contextos reais: o monitoramento em museus na cidade de São Paulo (CAVICCHIOLI et al., 2014) e o estudo de processos de corrosão na área da conservação de instrumentos musicais (FREIXO, CAVICCHIOLI, 2010; BERGSTEN et al., 2010), conforme exemplificado na Figura 8.

FIGURA 6  
Lógica de funcionamento de um dosímetro para a caracterização de microambientes para a conservação de bens culturais acoplado a sistema eletrônico de recebimento, tratamento e armazenamento de informações. Fonte: Produção do autor.

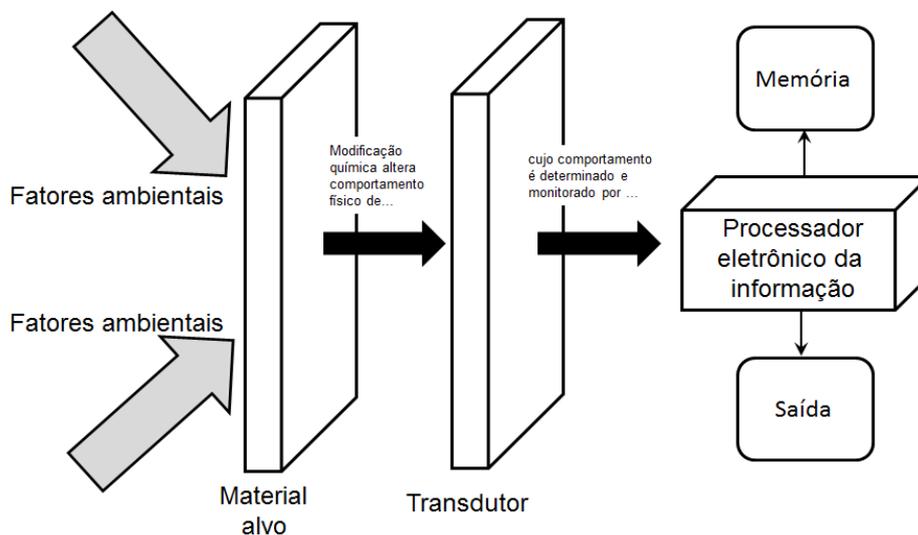


FIGURA 7

Diferentes gerações de dispositivos eletrônicos desenvolvidos como dosímetros piezelétricos para o monitoramento da agressividade ambiental em áreas de conservação. Fonte: produção do autor e cortesia de Thiago Sevilhano Puglieri.

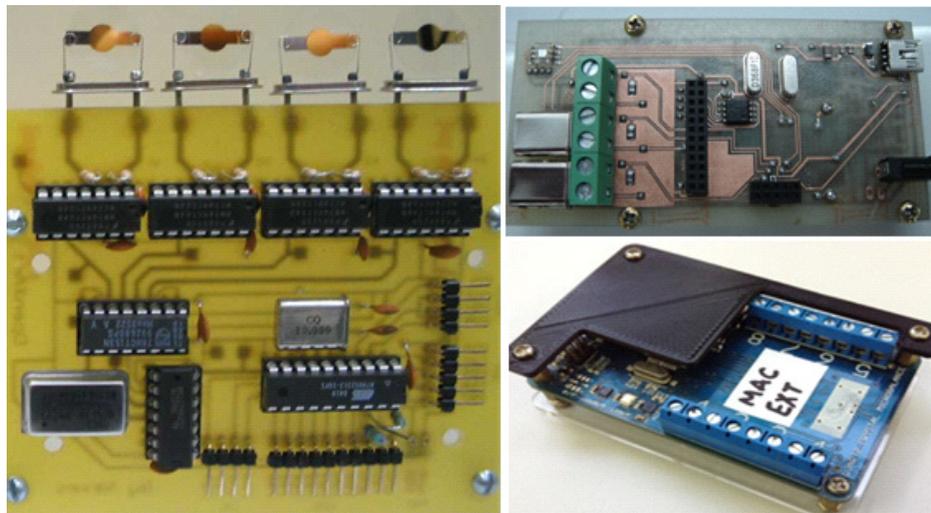
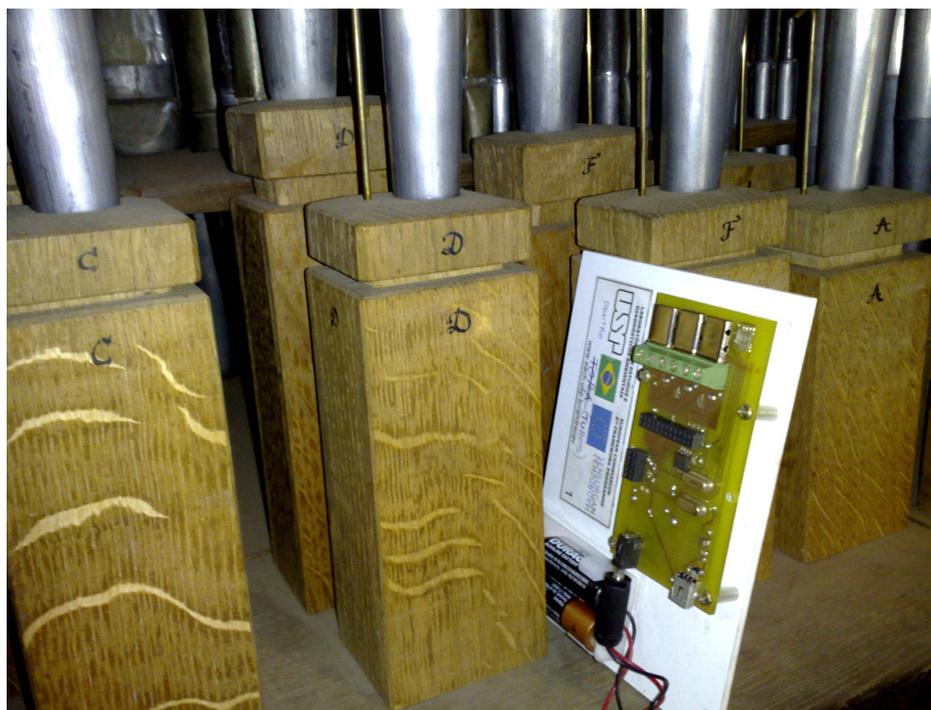


FIGURA 8

Monitoramento da agressividade ambiental no interior de órgãos de tubos barcos por meio de dosímetro piezelétrico. Fonte: produção do autor.



## 2.2 Interface entre a academia e os conservadores: o caso do projeto Laboratório Móvel de Monitoramento de Diagnóstico Ambiental (LAMDA-USP)

No ano de 2013, a Pró-Reitoria de Cultura e Extensão da USP lançou seus editais de apoio financeiro a “projetos de preservação de acervos documentais e museológicos, memórias e monumentos históricos, culturais, artísticos e arquitetônicos da Universidade de São Paulo nas diversas áreas do conhecimento”<sup>1</sup> momento em que foi apresentada e aprovada a proposta de criação de um laboratório móvel para o monitoramento e o diagnóstico ambiental de áreas de conservação de acervos da universidade. Tratar-se-ia, naquele momento, de montar um laboratório motorizado concebido para prestar serviço especializado de diagnóstico da qualidade do ar de ambientes interiores destinados à conservação de acervos, ideia inspirada na iniciativa de vários centros de excelência em pesquisas voltadas para a poluição atmosférica que estavam, cada vez mais, adotando a abordagem de estações móveis para medidas de gases de interesse. Destacava-se, por exemplo, o MOLAB, desenvolvido na União Europeia no âmbito do projeto CHARISMA (*Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures — Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation/Restoration*)<sup>2</sup>, e constituído por um conjunto de equipamentos de última geração voltados para o diagnóstico de degradação de obras de arte, serviço oferecido em escala transnacional.

Um laboratório móvel para o monitoramento ambiental apresentaria as seguintes vantagens: i) facilidade de deslocamento de equipamentos que podem ser voluminosos; ii) facilidade de deslocamento de vários equipamentos ao mesmo tempo; iii) ponto de apoio *in situ* adequadamente equipado para a montagem de sistemas de coleta de componentes do ar e manuseio, estocagem e acondicionamento de amostras coletadas; iv) possibilidade de uso como estação de coleta por meio dos equipamentos nele instalados; v) o fato de representar um elemento visual muito evidente para a divulgação das atividades de monitoramento, podendo ter um importante papel educativo.

1. Disponível em: <<http://prceu.usp.br/programa/editais/>>.

2. Disponível em: <<http://www.charismaproject.eu/>>.

Apesar de aprovação inicial, a proposta original do Laboratório Móvel de Monitoramento de Diagnóstico Ambiental (LAMDA-USP) não chegou a se concretizar completamente por conta dos progressivos cortes financeiros aplicados ao projeto durante a crise advinda com o ano de 2014. Contudo, ainda que a implementação da unidade móvel não tenha sido possível, a estrutura do laboratório foi montada e uma série de estudos pilotos puderam ser viabilizados envolvendo diretamente três instituições ligadas à conservação de acervos e tendo um vínculo com a Universidade de São Paulo. Foram elas:

- O Arquivo Central da USP (Sistema de Arquivos da Universidade de São Paulo-SAUSP), localizado na cidade universitária, no bairro do Butantã, em São Paulo;
- As instalações do Centro Maria Antonia (Ceuma), localizado na região central de São Paulo; e
- Os locais do Museu Casa da Xilogravura, em Campos do Jordão (SP).

No caso, a ideia foi realizar processos de diagnóstico ambiental com base em metodologias e instrumentos convencionais, mas de forma abrangente (isto é, visando a caracterizar vários aspectos dos ambientes de conservação) e continuamente por um intervalo de tempo amplo (um ano).

Um dos objetivos desse programa de extensão era demonstrativo, tanto com relação aos procedimentos que poderiam ser executados, características, cuidados e limitações, mas também no tocante aos tratamentos e à interpretação dos dados e às possíveis medidas que os resultados poderiam apontar. De fato, em várias ocasiões, em discussões e debates que antecederam a implementação do programa ou mesmo durante sua realização, constatou-se que existe anseio geral por uma melhor compreensão da questão do diagnóstico de espaços de conservação e do controle ambiental, em especial com relação às possibilidades técnicas disponíveis para alcançar essas metas.

Cabe também destacar que, simultaneamente, o laboratório LAMDA-USP forneceu o suporte instrumental para alguns trabalhos de pesquisa que envolveram processos de caracterização ambiental de vários locais, como a sede do Centro de Preservação Cultural da USP (a Casa da Dona Yayá), e os museus Casa Guilherme de Almeida e Fundação Ema

Klabin, em São Paulo; Museu Major Novaes (Cruzeiro); e um conjunto de fazendas históricas no Vale do Paraíba (Areias e São José do Barreiro, SP) (ALEGRE, 2015; ANDRADE 2016; SILVA, 2016). Além disso, outras instituições foram estimuladas a se envolverem na temática do controle ambiental a partir da visibilidade lograda pelo projeto em suas atividades de divulgação e do interesse que ele despertou: foi o caso da sede da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e seus locais de abrigo de acervos no prédio Maria Antonia, em São Paulo.

O programa de diagnóstico gerou um amplo conjunto de resultados, que estão gradativamente sendo trabalhados junto com as instituições abrangidas pelo programa. Trata-se, evidentemente, de uma quantidade bastante ampla de informações das quais interessa, aqui, mostrar alguns exemplos no intuito de apresentar possíveis formas de organização e interpretação.

A Tabela 1 apresenta a síntese da caracterização climática de vários espaços (microambientes) que foram monitorados continuamente no programa e nos projetos associados. O levantamento de dados sempre foi realizado numa escala de medidas horárias por meio de dataloggers automáticos de temperatura e umidade relativa, devidamente certificados quanto a sua calibração.

Tabela 1. Síntese das condições microclimáticas de ambientes de conservação de instituições que participaram do programa de extensão universitária LAMDA-USP e projetos relacionados, no período de 2013-2016 (locais dispendo de sistemas de ar condicionado estão destacados com *). Fontes: <sup>1</sup> Dados primários; <sup>2</sup> ALEGRE (2015); <sup>3</sup> SILVA (2016); <sup>4</sup> ANDRADE (2016).				
	T média (°C) inverno	T média (°C) verão	UR média (%) inverno	UR média (%) verão
Casa da Dona Yayá <sup>2</sup>	21,0	28,8	61,4	55,4
Museu Guilherme de Almeida <sup>2</sup>	20,4	27,4	60,8	59,7
Fundação Ema Klabin <sup>2</sup>	19,5	26,1	66,4	63,1
Museu Casa da Xilogravura (Campos do Jordão) <sup>1</sup>	19,9	26,8	69,7	76,1
Arquivo Central USP <sup>1*</sup>	20,9	21,6	57,2	68,2
Centro Maria Antônia <sup>1</sup>	20,9	25,7	62,8	68,0
Museu Major Novaes (Cruzeiro) <sup>3</sup>	—	26,3	—	71,9
Fazenda São Francisco (S. José Barreiro) <sup>4</sup>	20,9	26,2	70,0	73,6

Como se vê, nesse quadro a avaliação é de caráter geral e mostra somente condições médias, com discriminação por estação do ano. No entanto, esse tipo de análise já contém elementos de interesse para o conservador, tanto em apreciação individualizada quanto numa leitura comparativa. Destacam-se as seguintes observações:

- A temperatura média observada em todos os ambientes é dominada pela influência climática da região, com exceção, claramente, de onde há instalação de dispositivos de ar condicionado, portanto de clima subtropical. Isso implica que o regime térmico no inverno (médias de 19,5 a 21,0°C) possa ser considerado aceitável em praticamente todas as instituições sem a necessidade de um controle mecanizado da temperatura — ainda que, possivelmente, barreiras passivas de entrada ou dispersão de calor devam ajudar em limitar picos diários sempre observados em situações como essas. No verão, a questão térmica pode representar um problema de estabilidade dos materiais, com aumentos médios na faixa de, tipicamente, 5-9°C, inclusive com picos diários de temperatura que podem alcançar 34-35°C. Contudo, é provável que, nessa estação, essa média possa ser controlada em muitos casos (embora nem sempre) com aprimoramentos de controles passivos. Foi observado, em praticamente todos os ambientes sem ar condicionado, que a elevação da temperatura está principalmente associada aos máximos diários que ocorrem no período pós-meridiano, mas com condições *indoors* muito amenas nas noites e nas madrugadas.

Com base nesses dados, considerou-se que níveis de temperatura médias de verão na faixa de 23-24°C não constituiriam metas árduas a serem atingidas com medidas focadas e em muitos casos relativamente econômicas, como a escolha dos efetivos locais de abrigo dos acervos dentro das edificações; o isolamento térmico dos telhados e dos demais pontos de transmissão do calor, incluindo barreiras para a incidência de radiação solar; e a otimização nos horários e nas formas de circulação do ar. O investimento em modelos de monitoramento climático que

permitam domínio direto e em tempo real do quadro microclimático para decisões de curta escala de tempo também seria de grande valia. Cabe destacar aqui que a opção do controle forçado/mecanizado da temperatura deveria ser considerado com extrema cautela, haja vista as flutuações que pode induzir nos teores de umidade relativa do ar.

- A umidade relativa do ar nos ambientes de conservação também é fortemente influenciada pelo contexto regional, com valores médios compreendidos tipicamente na faixa de 60-70% (observe-se a maior exposição ao risco no meio rural e nas cidades de Campos do Jordão e Cruzeiro, na estação úmida). Os níveis médios são indicativos de risco de degradação tanto por processos químicos (por exemplo, hidrólise de proteínas) quanto, e sobretudo, por agressão microbiológica (biodeterioração) — o que sugere ser recomendável o controle dessa variável ambiental para teores abaixo de 70%. Entretanto, é importante lembrar uma questão salientada pela maioria dos especialistas no que diz respeito às condições históricas de acondicionamento dos artefatos culturais. Se uma peça esteve por anos ou até séculos exposta a condições climáticas tipicamente úmidas, adaptou-se ao longo de inúmeros ciclos sazonais a tais condições e seria altamente arriscado tentar readaptação em ambientes demasiadamente mais secos — motivo pelo qual, do ponto de vista de estabilidade mecânica, eventos de tempo seco são provavelmente mais prejudiciais do que ocorrências de elevação temporária na umidade.

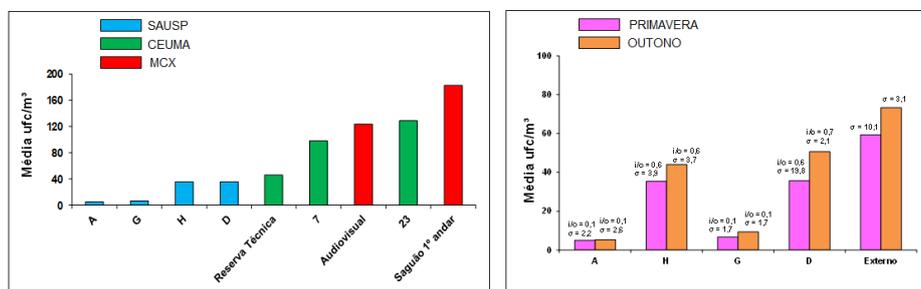
No caso da umidade relativa, ponderações sobre as flutuações de prazo curto (diárias) a médio (subsazonais) seriam tão importantes quanto a avaliação dos valores médios, tendo em conta o efeito exercido por essa variável nos processos de expansão e encolhimento dos materiais higroscópicos — ponto esse que foi de fato incluído nos diagnósticos realizados.

É interessante observar, no quadro climático sintético, que o aumento da temperatura que ocorre nos espaços *indoors*

na estação úmida (verão) constitui um fator que, indiretamente, colabora na manutenção da umidade relativa em valores ainda relativamente moderados, quando comparado com o ambiente externo onde a média alcança níveis de 70-80%. Isto é, na prática, a elevação da temperatura, que ocorre na ausência de sistema de ar condicionado, permite manter um controle indireto da umidade relativa que, de outra forma, subiria para valores próximos ao meio externo.

O tema da umidade e dos riscos de impacto nos materiais associado com a biodeterioração induz a considerar o aspecto da contaminação ambiental por microrganismos, que também foi objeto de investigação no programa do LAMDA-USP. A abordagem adotada para essa tarefa é clássica e consiste em quantificar microrganismos presentes no ar (também chamados de *bioaerossóis*) através de sua sucção mecânica e impactação forçada em placas contendo meio de cultura: a contagem ocorre manualmente pela quantidade de colônias que desenvolvem na placa após determinado tempo de incubação. Resultado final é expresso em *unidades formadoras de colônias* (ufc) por metro cúbico, ufc/m<sup>3</sup>. As imagens da Figura 9 representam os resultados obtidos na campanha de monitoramento (com relação especificamente a fungos) e podem servir para algumas considerações.

FIGURA 9  
Síntese das condições de contaminação microbiológica por fungos em ambientes de conservação de instituições que participaram do programa de extensão universitária LAMDA-USP: Arquivo Geral da USP (SAUSP, salas A, G, H e D), Centro Maria Antônia da USP (CEUMA) e Museu Casa da Xilogravura (MCX). Fonte: Dados primários.



A síntese apresentada indica claras diferenças entre os locais de maior restrição de acesso de ar externo, como as salas dos ambientes do SAUSP ou a reserva técnica do MCX e os locais mais expostos (saguão do edifício do Ceuma) ou, possivelmente, com maiores teores de umidade (sala 23 do MCX) ou tendência ao maior acúmulo de material particulado onde se alojam unidades formadoras de colônias de fungos. Tem-se, assim, uma evidente percepção de como processos de limpeza física do ar, por meio de filtros de adequada especificidade, poderiam servir como estratégia para melhorar o risco de agressão microbiológica aos acervos, fato que na prática se concretiza indiretamente nos casos de ambientes dotados de aparelhos de ar condicionado que induzem uma maior segregação dos espaços *indoors*. Observe-se, todavia, que das quatro salas monitoradas no SAUSP, as duas (H e D) orientadas para sudeste, apresentavam maiores níveis de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , fato que pode estar associado tanto à presença de vegetação (mais intensa naquele lado) ou à direção predominante do vento (de sudeste) ou ainda ao uso que é feito de cada sala e ao tipo de acervo (a sala A, por exemplo, no período do monitoramento estava vazia).

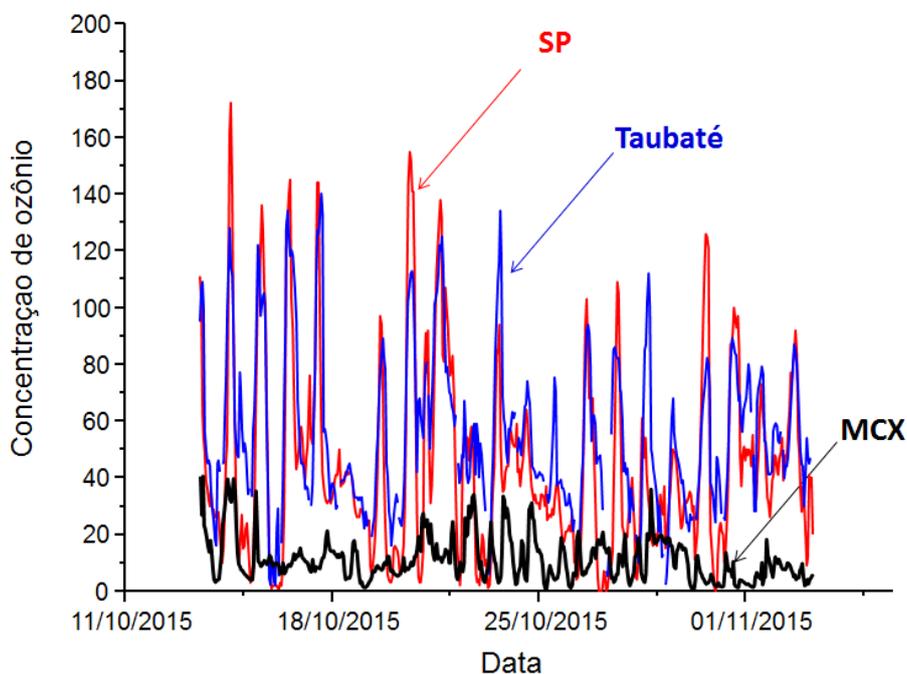
É interessante observar as diferenças entre duas estações do ano, com aumentos sistemáticos, evidenciados em todos os locais do SAUSP, no outono com relação à primavera, fato provavelmente ocasionado por condições climáticas gerais como a incidência de radiação solar e da luz ultravioleta e a ocorrência de precipitações chuvosas atuando no processo de limpeza de material suspenso no ar, inclusive germes e esporos.

Por fim, merece menção o monitoramento de poluentes gasosos de origem urbana por meio de seu principal indicador, o ozônio ( $\text{O}_3$ ). Para tanto, os dados coletados no âmbito do Museu Casa da Xilogravura (Figura 10) servem para algumas considerações sobre o tema.

É amplamente sabido que poluentes atmosféricos representam uma ameaça para a estabilidade química dos materiais em geral e, portanto, em especial os artefatos culturais. A questão assume proporções particularmente preocupantes em contextos urbanos que são tradicionalmente afetados por problemas crônicos de poluição atmosférica, como é o caso da megalópole de São Paulo. É, portanto, evidente que tais poluentes precisam ser alvo de monitoramento e controle.

FIGURA 10

Perfil de evolução temporal na concentração de ozônio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no Museu Casa da Xilogravura (Campos do Jordão) em comparação com os dados de poluição externa em São Paulo e em Taubaté. Fonte: dados primários (MCX) e rede de monitoramento da CETESB Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>>.



A metodologia de monitoramento proposta pelo LAMDA-USP segue procedimentos convencionais, envolvendo o uso de aparelho de quantificação automática, e contínua e foi direcionado à substância indicadora mais representativa da poluição fotoquímica de cidades de climas subtropicais. O monitoramento de ozônio é realizado simultaneamente em escala horária também pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, em vários pontos do estado, fato que possibilita cruzar constantemente os níveis de poluição nos locais de interesse e nos respectivos ambientes externos para estabelecer associações e correlações, conforme mostrado na literatura (CAVICCHIOLI et al., 2013).

Para a exemplificação dos procedimentos, escolheu-se partir do caso dos ambientes *indoors* do Museu Casa da Xilogravura e comparação com os dados de monitoramento da CETESB em São Paulo e no ponto mais próximo a Campos do Jordão, a estação de Taubaté (Figura 10). O gráfico é bastante claro em mostrar que os dois grandes centros urbanos

seguem padrões parecidos de acumulação do poluente tanto na intensidade (níveis parecidos, apesar de tipicamente um pouco mais altos em São Paulo) e flutuações que seguem os mesmos perfis temporais (a acumulação se dá nos mesmos horários do dia, o que está perfeitamente de acordo com os aspectos teóricos da poluição fotoquímica). Nas instalações do museu em Campos do Jordão, a poluição alcança níveis claramente detectáveis, embora expressivamente menos elevados do que nas grandes cidades usadas como referência, e as flutuações tem um caráter mais errático. Do ponto de vista da relevância desses resultados para uma política de gestão preventiva no museu, pode-se ponderar que:

- As concentrações de ozônio se mantêm relativamente mais baixas no MCX, mas certamente não desprezíveis. A concentração média medida no período de amostragem foi de 11,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  versus 54,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em Taubaté e 44,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em São Paulo, mas com picos ocasionais que superam os 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . É preciso considerar que o ozônio tem efeitos cumulativos e, por isso, em geral a tendência é recomendar manter os níveis mais baixos possíveis. Essa é uma meta não trivial que raramente uma instituição consegue atingir (CAVICCHIOLI et al., 2013) e a opção do manejo de espaços restritos para as peças mais vulneráveis de uma coleção parece, em geral, ser a saída mais viável.
- Diferentemente de São Paulo e de Taubaté, a poluição por ozônio em Campos do Jordão não parece não ter uma origem local, como nas demais cidades, já que não se verifica o clássico ciclo de acúmulo no período pós-meridiano decorrente da influência da radiação solar. Supõe-se, portanto, haver uma influência ligada ao transporte de massas de ar oriundas de regiões adjacentes de elevado grau de antropização, sobretudo os grandes centros do Vale do Paraíba Paulista. Trata-se de uma conjectura que não cabe aqui discutir em detalhe, mas que desmistifica de alguma forma a percepção comum de “ar puro” em cidades serranas e traz um alerta que deveria despertar a preocupação dos responsáveis pelo controle ambiental em áreas de conservação de todos os tipos de contexto social.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil, como muitos países que tradicionalmente desempenhavam um papel pouco expressivo na área da ciência da conservação, nesses últimos anos vem experimentando um crescimento significativo que ultrapassa os limites da comunidade de conservadores e restauradores e envolve cada vez mais a participação de pesquisadores de outras áreas, especificamente os das chamadas *hard sciences*. Neste trabalho, refletiu-se sobre questões relevantes para o tema da conservação preventiva no Brasil contemporâneo e, em particular, se quis sinalizar a importância tida por alguns setores da academia numa mais ampla circulação dos cânones da conservação preventiva e na consolidação de práticas dessa natureza em instituições que têm como missão a preservação de acervos. A apresentação de algumas experiências significativas e, do nosso ponto de vista, amplamente bem-sucedidas, mostrou como, concretamente essa atuação pode se dar, a abundância de perspectivas de desenvolvimento, as sinergias possíveis e os ensejos de enriquecimento recíproco entre profissionais de áreas de conhecimento, tradicionalmente muito distantes no mundo contemporâneo em prol de uma mais completa compreensão dos problemas. É com essa abordagem que se busca proporcionar a concepção de modelos efetivos de gestão de espaços e pessoas e de planejamento de ações, que são o objetivo último de todos os procedimentos de diagnóstico ambiental e dos quais dependem, em última análise, as reais possibilidades de alcançar soluções sustentáveis para a conservação do patrimônio cultural.

### REFERÊNCIAS

- ALEGRE, Priscila Denardi Leitão. *Conservação preventiva de bens culturais em casa-museus na perspectiva das condições microclimáticas*. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- ANDRADE, Felipe S. N. *Mudanças climáticas e perspectivas de impactos nos bens culturais*. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado em Mudança Social e Participação Política) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- ASHLEY-SMITH, Jonathan. *Risk assessment for object conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.
- BACCI, Mauro; CUCCI, Costanza; MENCAGLIA, Andrea A.; MIGNANI, Anna Grazia. Innovative Sensors for Environmental Monitoring in Museums, *Sensors*, v. 8, p. 1984-2005, 2008.
- BAER, Norbert S. Assessment and management of risks to cultural property. *Science, technology*

and European Cultural Heritage. In: BAER, Norbert S.; SABBIONI, Cristina; SORS, André I. (orgs.). *Proceedings of the European Symposium*, Guildford: Butterworth-Heinemann, p. 27-36, 1989.

BERGSTEN, Carl-Johan; ODLYHA, Marianne; JAKIELA, Slawomir; SLATER, Jonathan M.; CAVICCHIOLI, Andrea; FARIA, Dalva Lúcia A. de; NICKLASSON, Annika; SVENSSON Jan-Erik; BRATASZ, Lucasz; CAMUFFO, Dario; DELLA VALLE, Antonio; BALDINI, Francesco; FALCIAI, Riccardo; MENCAGLIA, Andrea ; SENESI, Folco. Sensor system for detection of harmful environments for pipe organs (SENSORGAN). *E-Preservation Science*, v. 7, p. 116-125, 2010.

CAMUFFO, Dario; DELLA VALLE, Antonio. *Church Heating: a balance between conservation and thermal comfort contribution*. Comunicação no EXPERTS' ROUNDTABLE ON SUSTAINABLE CLIMATE MANAGEMENT STRATEGIES (Tenerife, Spain, 2007). The Getty, 2007. Disponível em: <[http://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/climate/paper\\_camuffo.pdf](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/paper_camuffo.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2017.

CASSAR, May. *Environmental Management: Guidelines for Museums and Galleries*. London: Routledge, 1994.

CAVICCHIOLI, Andrea; FARIA, Dalva Lúcia A. de. Impedance analysis of varnish-modified crystal quartz resonators coupled with FT-IR and FT-Raman: Assessment of the environmental impact on artistic materials in conservation sites. *Sensors and Actuators B: Chemistry*, v. 115, p. 656-665, 2006a.

\_\_\_\_\_. Monitoring the ageing of synthetic varnishes by FT-Raman, FTIR and impedance analysis. In: *Proceedings of the 7th Infrared and Raman Users Group Meeting*, Nova York: Museum of Modern Art, 2006b. p. 34,37.

CAVICCHIOLI, Andrea; FARIA, Dalva Lúcia A. de; NEVES, Carlos A.; ANTUNES, Murilo T. Automatic devices for monitoring environmentally induced auto-oxidative degradation of artistic materials in conservation sites. *Sensors and Actuators B: Chemistry*, v. 131, p. 462-469, 2008.

CAVICCHIOLI, Andrea; SOUZA, Ravi O.C. de; REIS, Guilherme R.; FORNARO Adalgiza. Indoor ozone and nitrogen dioxide concentration in two museums of the São Paulo megacity — Brazil. *E-Preservation Science*, v. 10, p. 114-122, 2013.

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

CHIAVARI, Cristina; MARTINI, Carla; POLI, Giorgio; PRANDSTRALLER, Daniela. Deterioration of tin-rich organ pipes. *Journal of Materials Science*, v. 41, p. 1819-1826, 2006.

CHIAVARI, Cristina; MARTINI, Carla; PRANDSTRALLER, Daniela; NIKLASSON, Annika; JOHANSSON, Lars G.; SVENSSON, Jan-Erik; ÅSLUND, Aals; BERGSTEN, Carl-Johan (2008). Atmospheric corrosion of historical organ pipes: the influence of environment and materials. *Corrosion Science*, v. 50, p. 2444-2455, 2008.

CLARKE, Tom. Organ failure. *Nature*, v. 427, p. 8-9, 2004.

DOMÉNECH-CARBÓ, Antonio; COSTA, Virginia; DOMÉNECH-CARBÓ, Maria Teresa. *Electrochemical methods in archaeometry, conservation and restoration*. Berlin: Springer-Verlag, 1999.

DUBUS, Michel; PROSEK, Tomas. Standardized assessment of cultural heritage environments by electrical resistance measurements. *E-Preservation Science*, v. 9, p. 67-71, 2012.

GRØNTTOFT, Terje; DAHLIN, Elin; HENRIKSEN, Jan F.; RENTMEISTER, Sara; HANKO, Michael; HEINZE, Jürgen; TAYLOR, Joel; BLADES, Nigel; CASSAR, May. An early warning system for organic materials in museums, historic buildings and archives. In: DRDÁCKÝ, Milos; CHAPUIS, Michel (orgs.). *Proceedings of the 7th European Conference "SAUVEUR": Safeguarded Cultural Heritage — Understanding & Viability for the Enlarged Europe*. Praga: ITAM, 2007, p. 41-50.

LEISSNER, Joanna; FUCHS, Dieter R. Investigations by glass sensors on the corrosive environmental conditions at stained glass windows with protective glazings in Europe. In: DRUZIK, James R.; FREESTONE, Ian C.; VANDIVER, Pamela B.; WHEELER, George S. (orgs.). *Proceedings of the Material Research Society*, San Francisco: Material Research Society, 1992. p. 1031-1038.

MICHALSKI, Stefan. Care and preservation of collections. In: BOYLAN, Patrick J. (org.). *Running a Museum: a practical handbook*. Paris: International Council of Museums & UNESCO, 2004, p. 51-90.

ODDY, W. A. An unsuspected danger in display. *Museum Journal*, n. 73, p. 27-28, 1973

PADFIELD, Tim; LARSEN, Poul K. How to design museums with a naturally stable climate. *Studies in Conservation*, v. 49, p. 131-137, 2004.

PADFIELD, Tim; LARSEN, Poul K.; JENSEN, Lars A.; RYHL-SVENDSEN, Morten. The potential and limits for passive air conditioning of museums, stores and archives. In: PADFIELD, Tim; BORCHERSEN, Karen (orgs.). *Contributions to the Copenhagen Conference Museum microclimates*, Copenhagen: The National Museum of Denmark, 2007, p. 191-198.

PUGLIERI, Thiago S.; FARIA, Dalva Lúcia A. de; CAVICCHIOLI, Andrea. Novas estratégias para o monitoramento da degradação de bens culturais em ambientes internos: microbalanças de cristal de quartzo. In: FRONER, Yaci-Ara; SOUZA, Luiz Antonio C. (orgs.). *Anais do 2º Encontro Luso-Brasileiro de Conservação e Restauro*, Belo Horizonte: PPGA-EBAEFMG, 2013, p. 139-147.

\_\_\_\_\_. Indoor corrosion of Pb: effect of formaldehyde concentration and relative humidity investigated by Raman microscopy. *Vibrational Spectroscopy*, v. 71, p. 24-29, 2014.

SILVA, Cibele M. *Documentação cafeeira das cidades do Fundo do Vale do Paraíba paulista: a concentração e desconcentração da documentação cartorária e judicial custodiada ao Museu Major Novaes, Cruzeiro/SP*. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Culturais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

RYHL-SVENDSEN, Morten. Corrosivity measurements of indoor museum environments using lead coupons as dosimeters. *Journal of Cultural Heritage*, v. 9, p. 285-293, 2008.

TOLEDO, Franciza. *Museum Passive Buildings in Warm, Humid Climates*. Comunicação no Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies (Tenerife, Spain, 2007). The Getty, 2007. Disponível em: <[http://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/climate/paper\\_toledo.pdf](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/paper_toledo.pdf)>. Acesso em: 23 maio 2017.

VAN-DEN-BRINK, Oscar F.; EIJKEL, Gert B.; BOON, Jaap J. Dosimetry of paintings: determination of the degree of chemical change in museum-exposed test paintings by mass spectrometry. *Thermochimica Acta*, v. 365, p. 1-23, 2000.

WALLER, Robert. A risk model for collection preservation. In: VANTOBEL, Roy (org.) Thirteen Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Londron: James and James, 2002, p. 102-107.