

IMAST

COLLOQUIA

v.18(2024)

Meio Ambiente e Preservação de Bens Culturais Móveis



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
E INOVAÇÕES

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Museu de Astronomia e Ciências Afins

MAST COLLOQUIA

v.18 (2024)

MEIO AMBIENTE E PRESERVAÇÃO DE BENS CULTURAIS MÓVEIS

2024

© Museu de Astronomia e Ciências Afins - 2024

DIRETOR DO MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS

Marcio Ferreira Rangel

COORDENAÇÃO DO MAST COLLOQUIA - v.18 (2024)

Marcus Granato e Antonio Carlos dos Santos Oliveira

ORGANIZAÇÃO DA EDIÇÃO

Marcus Granato e Antonio Carlos dos Santos Oliveira

CAPA

Vitor Dulfe

DIAGRAMAÇÃO

Ivo Almico

Serviço de Biblioteca e Informação Científica (SEBIC)

Biblioteca Henrique Morize

Catálogo na Fonte

G393

Meio ambiente e preservação de bens culturais móveis [recurso eletrônico] / organização da edição Marcus Granato e Antonio Carlos dos Santos Oliveira. – Rio de Janeiro: MAST, 2024. – (MAST Colloquia, v. 18)
1 livro digital

Inclui referências.

Disponível em: https://www.gov.br/mast/pt-br/imagens/publicacoes/2024/mastcolloquia_18.pdf
ISBN978-65-983992-1-4

1. Gestão de riscos. 2. Patrimônio cultural. 3. Museus. I. Granato, Marcus. II. Museu de Astronomia e Ciências Afins. III. Título. IV. Título.

CDU069.6

Bibliotecária: Cristiane Teixeira – CRB7/5592

As opiniões e conceitos emitidos nesta publicação são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente o pensamento do Museu de Astronomia e Ciências Afins.

É permitida a reprodução, desde que citada a fonte e para fins não comerciais.

Publicado por (Editora): Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)

Rua General Bruce, 586, São Cristóvão, Rio de Janeiro, BRASIL | 20921-030

Data: 2024

ISBN: 978-65-983992-1-4

Sumário

Apresentação	5
Marcus Granato e Antonio Carlos dos Santos Oliveira	
Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado no IBRAM.....	9
Leonardo Batista Neves Taís Valente dos Santos Thais Melo Assis	
A influência da Radiação Eletromagnética na Deterioração de Bens Culturais Móveis: medição e controle para a conservação.....	29
Antonio Gonçalves da Silva	
Sustentabilidade e o uso de energia em museus	57
Cassio Pereira	
Poluentes em museus, bibliotecas e arquivos: O conhecimento como ferramenta fundamental para uma melhor gestão de riscos.....	79
Karen Barbosa	
Propriedades físico-químicas dos bens culturais móveis e a influência do clima.....	111
Renato Pereira de Freitas	
Introdução à conservação preventiva: conceitos básicos em clima e conceitos fundamentais de microclima.....	133
Jandira Flaeschen	
Condições ambientais internas: como manter por um tempo o que você quer manter para sempre? Preservação de acervos escultóricos de museus	151
Benvinda de Jesus Ferreira Ribeiro	
Uma introdução aos conceitos e unidades sobre calor, umidade e luz, que afetam o ambiente interior e os bens culturais móveis	187
José Luis Gonçalves Zacarias Junior	

APRESENTAÇÃO

Os conteúdos dos capítulos que integram esta coletânea foram originalmente apresentados ao longo do ano de 2022, no ciclo de palestras MAST COLLOQUIA, que teve como tema central “Meio Ambiente e Preservação de Bens Culturais Móveis”. Nosso objetivo foi refletir sobre diferentes aspectos do tema geral, que foi apresentado a partir de diferentes olhares em uma abordagem interdisciplinar. Os encontros foram realizados de forma virtual, através da plataforma Youtube e resultaram em interessados que acompanharam as apresentações, muitas vezes na faixa de 500 a 600 pessoas. O ciclo anual de palestras MAST Colloquia é realizado desde 1996. Durante os encontros, mensalmente, especialistas apresentam diferentes perspectivas em relação ao tema principal definido anualmente. Os eventos desde 2008 são transmitidos ao vivo no site da instituição <http://www.mast.br>.

A situação climática no planeta demonstra a atualidade do tema e a necessidade premente de que as instituições culturais reflitam sobre as interrelações entre meio ambiente e acervos culturais, identificando ameaças e possíveis soluções. Assim, ações específicas precisam ser pensadas e implementadas para garantir a segurança dos acervos e das equipes técnicas de um museu, arquivo e/ou biblioteca.

O MAST Colloquia procura ser uma forma de difundir as experiências desenvolvidas por pesquisadores e técnicos do setor cultural com amplo conhecimento sobre o tema específico do ano e, de forma mais geral, sobre o patrimônio cultural. Nesta publicação, serão registradas ações para a preservação de bens culturais no Brasil e exemplos em outros países. Essas ações são pautadas através do desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos e práticas adaptados à realidade local. Estes elementos baseiam-se na ampliação dos conceitos de agentes ambientais, patrimônio, preservação e conservação. Todos os itens são atrelados ao embasamento científico, às novas tecnologias e aos procedimentos de gestão das instituições e do próprio patrimônio cultural. Infelizmente alguns palestrantes não foram capazes de enviar texto sobre suas falas e convidamos os leitores a visitarem a área do Youtube do MAST para escutarem essas falas.

Abrindo a publicação, Leonardo Batista Neves, Taís Valente dos Santos e Thais Melo Assis abordam o tema “Gestão de Riscos ao Patri-

mônio Musealizado no IBRAM”. O capítulo se inicia com a abordagem de aspectos teóricos relacionados à gestão de riscos e segue discorrendo sobre as ações realizadas pelo Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM), a partir de 2013, com o lançamento do Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado – PGRPM. No texto, é possível comparar os eixos do Programa em dois momentos 2013 e 2021. A perspectiva do PGRPM engloba ações que visam alcançar objetivos relacionados à preservação e garantir que conservação preventiva, segurança, manutenção, formação e capacitação possam ser compreendidas dentro de um planejamento integrado e eficiente.

O segundo capítulo, de autoria de Antonio Gonçalves da Silva, tem por tema “A influência da Radiação Eletromagnética na Deterioração de Bens Culturais Móveis: medição e controle para a conservação”. As causas de deterioração dos bens culturais podem ser intrínsecas ou extrínsecas. Essas últimas podem ser divididas em campos do conhecimento científico, em química, biologia ou física, por exemplo. O autor aborda em seu texto um fator físico de deterioração, as radiações eletromagnéticas. Para além de seus efeitos danosos, aborda a utilização das radiações na conservação de bens culturais pelas análises para caracterização química e física de acervos museológicos, arquivísticos e bibliográficos. Assim, os objetivos deste capítulo são: descrever as características da deterioração causada pela luz em bens culturais, o emprego da radiação gama na conservação através da desinfestação e desinfecção, exterminando insetos e fungos respectivamente, e os procedimentos de análises não destrutivas para caracterização de acervos culturais.

Em seguida, Cassio Pereira discorre sobre o tema “Sustentabilidade e o uso de energia em museus”. Após apresentar em linhas gerais as matrizes energéticas brasileiras, onde as fontes renováveis de energia desempenham um papel fundamental na busca pela sustentabilidade e no combate às mudanças climáticas, o autor se debruça sobre as iniciativas para sustentabilidade no Museu de Arte Moderna do Rio (MAM), em função de ampla experiência de trabalho no MAM.

O texto seguinte tem por tema “Poluentes em museus, bibliotecas e arquivos: o conhecimento como ferramenta fundamental para uma melhor gestão de riscos”, de autoria de Karen Barbosa. O artigo constitui fonte importante de informações sobre o tema, apresentando muitas publicações sobre o assunto e projetos em âmbito internacional. Discorre sobre os principais poluentes (ácidos acético e fórmico, formaldeído,

óxidos de nitrogênio, sulfeto de hidrogênio, dióxido de enxofre, ozônio, material particulado) e seus efeitos sobre os objetos de um acervo, apresentando tabelas com dados sobre as fontes e danos de cada poluente. Em seguida, aborda estratégias e procedimentos para mitigação dos efeitos dos poluentes em acervos, alternativas para monitorização e medição da concentração de poluentes em ambientes, finalizando com uma breve apresentação da Rede Temática sobre a Qualidade do Ar Interior em Museus, Bibliotecas e Arquivos (QAI-MBA).

O quinto capítulo trata das “Propriedades físico-químicas dos bens culturais móveis e a influência do clima”, e foi elaborado por Renato Pereira de Freitas. O conteúdo é baseado na experiência do Laboratório Móvel do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), na caracterização *in situ* de artefatos do patrimônio histórico-cultural. A partir de exemplos dos trabalhos deste Laboratório procura-se atualizar os leitores sobre os principais métodos que podem ser aplicados na caracterização físico-química *in situ* e não destrutiva de pinturas. Em seguida, um outro estudo de caso é apresentado, onde foi avaliada a influência do ambiente nos artefatos presente nas zonas de guarda da Biblioteca Nacional.

O capítulo seguinte discorre sobre a “Introdução à conservação preventiva: conceitos básicos em clima e conceitos fundamentais de microclima”, de autoria de Jandira Flaeschen. A autora aborda os seguintes pontos: definições de preservação e conservação preventiva; conceitos de clima e microclima; avaliação do monitoramento climático; acervos bibliográficos e documentais; agentes de deterioração; ações de conservação preventiva. Estas atividades podem ser agrupadas dentro do conceito de gerenciamento ambiental estratégico, por não somente abranger o monitoramento e controle do microclima interno, mas relacionar suas interferências nas condições intrínsecas dos bens culturais.

Benvinda de Jesus Ferreira Ribeiro discute as condições ambientais internas **como** e como manter por um tempo o que se quer manter para sempre, utilizando como estudo de caso a preservação de acervos escultóricos em museus. Destaca no texto os principais condicionantes que podem alterar física e quimicamente esses acervos no ambiente interno mencionados, comprometendo sua unidade visual. Apresenta também a necessidade do conhecimento das características formais, volumétricas e a técnica construtiva da escultura face ao ambiente, para a sua conservação. Para tanto, enfoca a relação entre os bens culturais escultóricos e o espaço arquitetônico e a influência do entorno envolvente, fator e lu-

gar para a pertinência do diagnóstico e as ações para preservação desses patrimônios. Por fim, são destacadas recomendações e medidas para a conservação preventiva desses bens culturais.

O último capítulo apresenta “Uma introdução aos conceitos e unidades sobre calor, umidade e luz, que afetam o ambiente interior e os bens culturais móveis”, a partir da experiência de José Luis Gonçalves Zacarias Junior. Um modelo desenvolvido para os acervos em suporte papel, foi utilizado no espaço da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ para estudo. A partir dos limites baseados nos parâmetros ambientais de temperatura, umidade, iluminação e poluição atmosférica, o sistema de qualificação da conservação ambiental foi desenvolvido para facilitar a análise de ambientes de guarda/reservas técnicas.

Esse volume, no âmbito da Série MAST Colloquia, compõe um conjunto de sete livros com temáticas relacionadas à Museologia e aos Museus. Os organizadores esperam que esta obra seja útil para todos os que se interessem pelo Museu e seu papel no mundo contemporâneo, e que possa contribuir para estudos e reflexões sobre um tema relevante e sempre atual.

Marcus Granato¹

Antonio Carlos dos Santos Oliveira²

¹ Possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (UFRJ). c Coordenador de Museologia de 2004 até março de 2018, retomando em fevereiro de 2022. É vice-coordenador e professor do corpo permanente do Programa de Pós-Graduação (mestrado e doutorado) em Museologia e Patrimônio (UNIRIO/MAST). Coordenador do MINTER (PPG PMUS/UFPE). É editor científico do periódico eletrônico Museologia e Patrimônio. Foi secretário do Comitê Internacional para Museus e Coleções Universitárias (UMAC) do ICOM entre 2016 e 2019. Atuou como Coordenador do GT-9 da ANCIB entre 2021 e 2023. marcus@mast.br

² Possui graduação em Museologia pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Tecnólogo em Ciência de Dados pela Universidade Estácio de Sá, mestrado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e doutorado em Museologia e Patrimônio pela Universidade do Federal do Estado do Rio de Janeiro / Museu de Astronomia e Ciências Afins. Desenvolveu a tese sobre um modelo de valoração de acervos museológicos. Foi professor da Pós graduação Internacional - Gestão e Restauração de Bens Arquitetônicos - Universidade Estácio de Sá - RJ. Desenvolve o sistema CONCLIMAWEB para análise de risco em ambiência museológica. Atualmente é bolsista PCI da Coordenação e Museologia no Museu de Astronomia e Ciências Afins MAST. antoniooliveira@mast.br

GESTÃO DE RISCOS AO PATRIMÔNIO MUSEALIZADO NO IBRAM

Leonardo Batista Neves¹

Taís Valente dos Santos²

Thais Melo Assis³

¹ Possui graduação em Museologia pela Universidade Federal da Bahia, graduação em Gestão Ambiental pela Universidade Estácio de Sá, Especialização em patrimônio, direitos culturais e cidadania pela Universidade Federal de Goiás. Atualmente é Museólogo do Instituto Brasileiro de Museus onde atua como Chefe da Divisão de Preservação e Segurança e Técnico em Assuntos Culturais. E-mail: Leonardo.batista@museus.gov.br

² Possui graduação em Museologia pela Universidade Federal da Bahia, especialização em Arte e Patrimônio Cultural pela Faculdade São Bento da Bahia e Master em Educação, especialização em Organização e Gestão de Centros Educacionais, pela Uniatlântico/Espanha. Desde 2010 é servidora do Instituto Brasileiro de Museus - Ibram, onde atualmente exerce a função de Coordenadora de Preservação e Segurança - COPRES. E-mail: Tais.Santos@museus.gov.br

³ Bacharel em Museologia pela Universidade de Brasília e Mestre em Preservação do Patrimônio Cultural pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. Analista Técnica na Coordenação de Preservação e Segurança do Instituto Brasileiro de Museus. E-mail: thais.assis@terceirizados.museus.gov.br

INTRODUÇÃO

A gestão de riscos se constitui como um processo, que reúne uma série de mecanismos que colaboram com o enfrentamento de ameaças, capazes de atingir uma diversidade de segmentos da sociedade. Enquanto instrumental, apresenta ferramentas direcionadas aquilo que se quer proteger de alguma incerteza, podendo ser aplicada tanto no âmbito de setores corporativos, financeiros, produtivos, de saúde, segurança pública, defesa civil, quanto no setor cultural.

No caso dos museus, a gestão de riscos subsidia diretamente a preservação e segurança dos bens culturais, racionalizando o emprego dos recursos (humanos e financeiros) de forma mais assertiva e pautada em dados mais objetivos, apresentando-se como um instrumento auxiliar de gestão, a qual pode contribuir com as equipes dos museus e instituições de guarda nas suas práticas diárias de gestão de acervos e coleções. Permite ainda, a integração da metodologia com outros planejamentos internos e de uso comum, além de permear o processo de inovação e desenvolvimento do campo museológico.

Na prática, trata-se de um ciclo processual de natureza permanente, que deve envolver uma gama de atores, cujo monitoramento e a consulta devem ser realizadas por ações de forma transversal. Isto significa que, todas as partes envolvidas na gestão de riscos devem estar bem-informadas acerca de quaisquer alterações no contexto institucional, e por sua vez, no seu planejamento.

Nesse sentido, é fundamental o envolvimento de todos os profissionais, haja vista que diferentes perspectivas podem revelar soluções e oportunidades distintas para o mesmo problema, o que torna o processo eficiente, diverso, dinâmico e de maior eficácia.

1 - O gerenciamento de riscos no contexto do patrimônio cultural

A ocorrência de eventos de riscos que geram danos ao patrimônio cultural tem demandado o desenvolvimento de medidas com vistas a promover a sua mitigação, sobretudo no atual cenário, onde acontecimentos extremos causados pelas mudanças climáticas têm sido cada vez mais recorrentes.

Nesse sentido diversas instituições têm trabalhado no desenvol-

vimento de ferramentas importantes a fim de tornar a gestão de riscos um instrumento de aplicação cotidiana nas instituições museológicas.

Essa adaptação está fundamentada em normativos e publicações internacionais que vem sendo adaptadas aos contextos regionais, conforme as necessidades de cada país. Mas, a definição de “risco” e de “gestão de riscos” (GR) é observada em conjunturas semelhantes, a exemplo da Norma Técnica Australiana e Neo-Zelandesa e a Norma Técnica adotada no Brasil (ABNT ISO 31000).

Em relação à Norma Técnica Australiana e Neo-Zelandesa “risco” é definido como: “a chance de algo acontecer causando um impacto sobre objetivos” (AS/NZ4360:2004). Sendo “gestão de riscos”: “a cultura, processos e estruturas voltados para a concretização de oportunidades potenciais e para o manejo de efeitos adversos” (idem).

No cenário brasileiro, a Norma Técnica ABNT-NBR-ISO-31000:2009 (Gestão de riscos - Princípios e diretrizes), que foi revisada em 2018, conceitua-se:

A gestão de riscos pode ser aplicada a toda uma organização, em suas várias áreas e níveis, a qualquer momento, bem como a funções, atividades e projetos específicos. Embora a prática de gestão de riscos tenha sido desenvolvida ao longo do tempo e em muitos setores a fim de atender às necessidades diversas, a adoção de processos consistentes em uma estrutura abrangente pode ajudar a assegurar que o risco seja gerenciado de forma eficaz, eficiente e coerentemente ao longo de uma organização. A abordagem genérica descrita nesta Norma fornece os princípios e diretrizes para gerenciar qualquer forma de risco de uma maneira sistemática, transparente e confiável, dentro de qualquer escopo e contexto. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018).

Como é possível observar, os conceitos acima são genéricos e adaptáveis a qualquer área de atuação, já que: para gerenciar riscos é preciso ter objetivos e alcançá-los, ou seja, no caso dos museus, que possuem como uma das funções primárias a preservação, os riscos estarão ligados diretamente às ameaças que podem impedir a concretização dessa função.

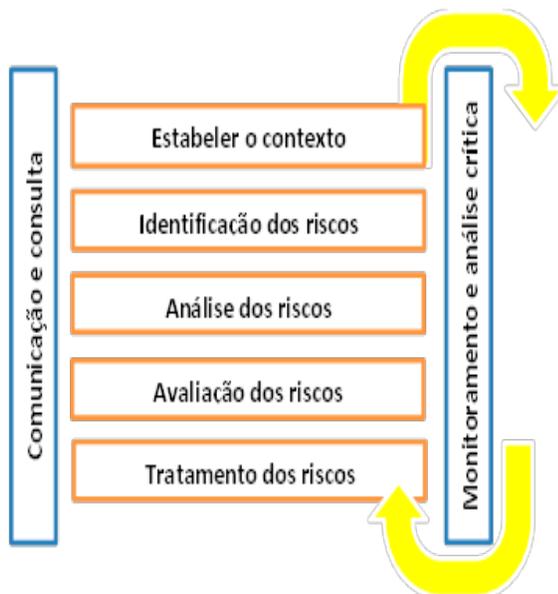
E nesse processo de adaptação da metodologia ao setor mu-

seológico, a incidência de tais riscos poderá ocorrer por meio da ação de um ou mais agentes que causam deterioração, em determinado espaço de tempo (para fins de avaliação) e gerando níveis diferentes de dano. Desse modo, o risco é avaliado sob dois princípios: 1 - Frequência na qual essa probabilidade pode ocorrer ou o intervalo entre uma materialização e outra e 2 – Impacto ou efeito resultante desta ocorrência.

De forma complementar, a definição de Gestão de Riscos se constitui pela utilização integrada dos recursos e conhecimentos disponíveis, com o objetivo de prevenir riscos, minimizar seus efeitos e responder às situações de emergências.

Assim, o ciclo da gestão de riscos é composto por cinco etapas sequenciais e duas contínuas e transversais, conforme ilustrado na figura abaixo:

Figura 1: Etapas do processo de gestão de riscos.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da ABNT ISO31000, 2018, p.9.

Considerando que gerenciar riscos pressupõe a identificação sistemática das ameaças, para que se possa estabelecer as medidas necessárias de controle e mitigação, é fundamental pensar nas ações de maneira abrangente e de forma coordenada. Ainda mais, pelo fato de o gerenciamento de riscos se relacionar com a busca de fatores que indicam o por-

quê da ocorrência dos riscos, de modo que a prevenção seja o principal foco do processo e a resposta seja uma eventualidade.

Sob a perspectiva da preservação do patrimônio cultural, cumpre salientar que acervos e coleções estão inseridos no que se chama de “camadas do envoltório”, isto é, todos os níveis de barreiras físicas que envolvem e protegem o bem cultural tais como: região, sítio, edificação, sala, mobiliário e suporte. Como exemplo, é possível pensar nos riscos associados aos desastres naturais, cuja causa pode estar relacionada aos fatores climáticos (externos), o que exigirá uma identificação e análise mais abrangente, considerando a região, o sítio e o entorno onde a instituição está inserida, devendo-se observar desde as barreiras mais abrangentes e externas até o suporte mais próximo, como vitrines, molduras etc.

Visando uma melhor definição dos agentes de riscos que mais ameaçam os museus e instituições de memória, em 2006, o pesquisador físico e matemático Stefan Michalsky, membro do Instituto Canadense de Conservação - CCI, apresentou o método ABC, o qual elenca uma lista de dez agentes de riscos mais comuns, sendo eles:

Figura 2: Os 10 agentes de deterioração que podem afetar os itens expostos.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do: The ABC Method: a risk management approach to the preservation of cultural heritage, 2016, p.70.

Uma vez identificados todos os riscos associados aos agentes acima descritos, é necessário propor medidas de tratamento

que possam mitigá-los ou reduzi-los à níveis aceitáveis (estabilização dos riscos). Para tanto, fundamentar os “estágios de controle” constitui uma forma de atuar sobre as ameaças, a partir da perspectiva da prevenção e da conservação preventiva, podendo ser aplicadas medidas de contingência em caso de uma emergência. Assim, os cinco “estágios de controle” são definidos como:

1 - EVITAR a causa do risco ou qualquer coisa que o exacerbe. Esta é a ação mais lógica e mais eficaz (quando possível).

2 - BLOQUEAR os agentes de deterioração. Caso não seja possível evitar a ameaça, a próxima ação mais lógica é interpor uma barreira protetora eficaz em algum lugar entre o acervo e a fonte do agente.

3 - DETECTAR os agentes de deterioração e seus efeitos no acervo. É importante monitorar os diferentes agentes para podermos reagir rapidamente caso eles ameacem de forma iminente ou comecem a danificar o acervo. Apenas a detecção, contudo, não é suficiente. Temos que estar preparados para responder de maneira eficaz sempre que algum problema for detectado.

4 - RESPONDER à presença e à ação danosa dos agentes de deterioração. Este estágio inclui todo o planejamento e preparação para permitir uma resposta rápida e eficiente por parte do museu sempre que for necessário. As ações de DETECTAR e RESPONDER sempre devem ser contempladas conjuntamente ao desenvolver opções de tratamento dos riscos.

5 - RECUPERAR os danos e perdas sofridos pelo acervo. Se todas as outras ações falharem, a única opção que nos resta é tentar recuperar os itens do acervo afetados pelos agentes de deterioração. Diferentes tipos de ações podem ser adotados neste sentido, incluindo, por exemplo, a documentação completa e atualizada do acervo, contratação de seguro ou alocação prévia de recursos para uso na recuperação de itens afetados por sinistros distintos etc. (IBERMUSEUS; ICCROM, 2017, p. 105).

Ao estabelecer as medidas de controle dos riscos, é fundamental definir as ações conforme cada camada do envoltório, pois é comum detectar a presença de diferentes agentes em cada uma delas.

Partindo do princípio de que o impacto do risco se traduz em perda de valor do objeto (danos), é necessário determinar a importância cultural relativa dos acervos. Por isso, a valoração se apresenta como mais um recurso viável para compreender a magnitude do risco sobre determinado bem cultural. Sobre isso, Belo (2017) observa que:

Este processo vai muito além de diferenciar um bem de outro ou discutir quem é mais importante para a instituição; trata-se de expressar essas diferenças em um sistema coerente, por meio de uma hierarquia de valor que, além de estabelecer uma ordem de intervenção, conduza o replanejamento das políticas dentro do museu e em suas áreas interdisciplinares, de modo a promover uma melhor distribuição e investimento de recursos. (Belo, 2017).

A valoração de bens culturais pode ser entendida como o processo de pesquisa e compreensão dos significados e valores históricos, artísticos e culturais dos itens e coleções para determinadas comunidades, isto é, a valoração está interligada à documentação museológica e ao próprio processo de musealização. Isso pois, o ato de valorar se relaciona diretamente com a atribuição de significados, que vai além das características materiais ou monetárias de itens e coleções, tendo ainda, a relação estreita com a própria missão daquele museu.

Nesse processo, se faz possível identificar categorias de atributos que servirão de parâmetros para a classificação dos bens que serão valorados, a exemplo da relevância histórica, sociológica, antropológica, política e/ou estético-artística como: técnicas, materiais e conceitos aplicados pelos artistas. Como também, a raridade/singularidade a qual se refere a bens únicos, singulares ou com raros exemplares existentes.

Destarte, para que esses atributos sejam objetivamente mensurados é importante indicar pontuações, pois juntamente com a definição das categorias de valor se faz necessário determinar a importância relativa entre os diferentes grupos, como descrito acima.

Quadro 1: Relação da valoração a bens culturais.

Atributo/pontuação (2 - 5)			Categoria de valor/pesos	
Estético	4		15	Excepcional (16-20)
Histórico	4	Elevado (11-15)		500
Raridade	5	Médio (2-10)		100
Religioso	2			

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez estabelecida a valoração é possível aferir os impactos (perda de valor - danos) dos riscos sobre os acervos e coleções, sendo fundamental a aplicação das escalas ABC, que a partir de três critérios, cada um deles se compõe por um conjunto numérico com variações entre 1 e 5. Assim, a soma desses valores determina a magnitude do risco sendo proporcional entre a frequência e impacto do dano:

Figura 3: Escala ABC.

Fonte: Elaborado pelos autores com base no fluxo desenhado na publicação Iccrom (2017).

Uma vez delimitada as atribuições junto a soma dos respectivos valores, é necessário consultar a tabela dos riscos que foram identificados, aplicar a escala para determinação do nível de prioridade e, posteriormente indicar o tratamento para cada um dos riscos em função do grau de ameaça. Esse processo utiliza a seguinte classificação para distribuição dos níveis de prioridade (IBERMUSEUS; ICCROM, 2017, p. 97):

- 13½ - 15 (Prioridade catastrófica). Todo ou quase todo o acervo sofrerá perda total em alguns poucos anos.
- 11½ - 13 (Prioridade extrema). Danos significativos em todo o acervo ou perda total de uma fração significativa de seu valor em aproximadamente uma década. Perda total do acervo ou de uma grande parte de seu valor em aproximadamente um século.
- 9½ - 11 (Prioridade alta). Perda de valor significativa numa pequena fração do acervo ou uma pequena perda de valor em parte significativa do acervo em aproximadamente um século.
- 7½ - 9 (Prioridade média). Danos pequenos e similar perda de valor no acervo em muitos séculos. Perda significativa na maior parte do acervo no transcurso de vários milênios.
- 7 e inferior (Prioridade baixa). Danos e perda de valor mínimos ou insignificantes para o acervo no transcurso de vários milênios.

A partir da definição da magnitude de cada risco que ameaça o acervo, é possível aprimorar os processos decisórios relacionados às medidas mais adequadas de tratamento. Cumpre registrar a importância de se proceder à avaliação comparativa de riscos, na qual será estabelecida prioridades segundo seus respectivos níveis, determinando quais destes podem ser aceitáveis e quais necessitarão ser controlados ou eliminados.

Com base no contexto definido, na identificação e priorização de riscos, as ações são planejadas visando saná-los e/ou atenuar danos futuros. Para isto, o tratamento envolve a implementação de um conjunto de medidas. Um exemplo disso é a manutenção predial da edificação, a qual abrange custos de projetos, execução e de recursos humanos. Ou ainda, ações que abarcam apenas o olhar acurado dos profissionais da instituição como: a observância se o acervo se encontra em bom estado de conservação; se há pragas no edifício; se o sistema de incêndio está em funcionamento; se as vitrinas estão vulneráveis para furtos, dentre outros aspectos, que se referem principalmente ao registro de ocorrências.

As ações de mitigação devem contemplar todos os riscos identificados, de acordo com seus respectivos agentes, podendo ser tanto uma medida que envolve a mitigação de um ou mais riscos, ou de várias para um mesmo risco, como exemplificado a seguir:

Quadro 2: Exemplificação de ações de mitigação.

Agente	Risco	Descrição do risco e possíveis danos	Ações propostas	Valor	Prazo	Responsáveis
Fogo	Incêndio	Sobrecarga da rede elétrica - combustão total ou parcial do acervo	Contratação de projeto e execução de serviços de engenharia	R\$ 500.000,00	2 anos	Direção / administrativo
Dissociação	Perda de informação	Localização incongruente - Perda temporária ou permanente	Realização de documentação museológica	Não se aplica	3 anos	Setor de museologia
Forças Físicas	Manuseio inadequado	Manuseio por pessoal não treinado - Danos irreversíveis ao acervo	Elaboração de manual para manuseio, transporte e acondicionamento	Não se aplica	Contínuo	Setor de museologia e conservação e restauro

Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se que, quando as ações de mitigação são monitoradas elas podem ser alteradas conforme novos cenários do museu. Desse modo, se uma medida foi proposta e não atende mais o risco, esta pode ser remanejada e modificada.

Importante mencionar que o tratamento dos riscos e identificação de novos se constitui por meio de processos contínuos e cotidianos, que devem sempre ser documentados e monitorados em todos os níveis de implementações e com o envolvimento da equipe do museu de maneira íntegra. Haja vista, que todos os profissionais devem possuir expertise com as áreas específicas da instituição, o que promove, sobretudo, o desenvolvimento da memória institucional, a qual se torna essencial para

o levantamento de situações, seja de forma preventiva ou emergencial.

Ressalta-se que, quaisquer metodologias de gerenciamento de riscos que forem implantadas por instituições museológicas, de modo complementar e não obrigatória, devem estar em consonância e integrada ao Plano Museológico da instituição. Assim como, às outras ferramentas de gestão da instituição como é o caso da gestão de pessoas e do planejamento orçamentário.

Nesse sentido, cumpre mencionar algumas ações importantes contidas na construção e desenvolvimento do Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado do Ibram enquanto programa “guarda-chuva”, como serão demonstradas no próximo tópico.

2 - O gerenciamento de riscos no IBRAM: o Programa de Gestão de Riscos do IBRAM

Considerando a aplicação dessa metodologia, observa-se que há elementos passíveis de incorporação a uma agenda política, de modo a viabilizar sua utilização em escala maior, ou seja, é necessário que ferramentas de aperfeiçoamento de gestão e de preservação sejam também vivenciadas pelos museus brasileiros de forma ampla.

Nesse sentido, o Ibram enquanto órgão responsável pela gestão e implementação da Política Nacional de Museus – PNM, apresentada ao setor em 2003, possui dentre as suas atribuições regimentais, a missão de criar e implementar programas e ações que viabilizem a preservação, a promoção e a sustentabilidade do patrimônio museológico brasileiro, conforme se define na Lei 11.906/09, que cria a instituição:

Art. 4º Compete ao Ibram:

I – propor e implementar projetos, programas e ações para o setor museológico, bem como coordenar, acompanhar e avaliar as atividades deles decorrentes;

II – estabelecer e divulgar normas, padrões e procedimentos, com vistas em aperfeiçoar o desempenho das instituições museológicas no País e promover seu desenvolvimento; (Brasil, 2009).

Por outro lado, cabe também a cada museu, garantir que a pre-

servação e a segurança dos seus acervos e públicos (interno e externos), como se estabelece na Lei 11.904/09 - Estatuto de Museus:

Art. 21. Os museus garantirão a conservação e a segurança de seus acervos.

Parágrafo único. Os programas, as normas e os procedimentos de preservação, conservação e restauração serão elaborados por cada museu em conformidade com a legislação vigente. (Brasil, 2009).

Desse modo, amparado em tais atribuições, o Ibram lançou em 2013 o Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado – PGRPM, adotando o semelhante significado para risco, como abordado anteriormente, sendo: a chance de algo acontecer podendo causar danos e perda de valor aos acervos musealizados. Sendo assim, o ciclo de gerenciamento de riscos foca na ocorrência de eventos com efeitos negativos, ou seja, aqueles que geram danos e materialização do risco.

A criação do Programa, além de atender as prerrogativas do órgão, estabelece para o campo um marco importante ao incorporar a metodologia de gestão de riscos a sua política de preservação, contribuindo para a inovação dos processos técnicos e, sobretudo, reitera a importância do planejamento para o estabelecimento de prioridades e a correta alocação de recursos. Nesse viés, o Programa possui o objetivo de:

subsidiar as estratégias de ação do Ibram e orientar os museus brasileiros quanto ao planejamento, prevenção e controle dos riscos ao patrimônio musealizado, com vistas a minimizar seus efeitos, responder a situações de emergência, favorecendo a qualificação da gestão das instituições museológicas e a sustentabilidade nas tomadas de decisão dirigidas à preservação e segurança. (Ibram, 2021).

A função do Programa, sob o ponto de vista operacional, é a de garantir que o Ibram priorize no seu planejamento estratégico a realização de ações para atender a esse objetivo, permitindo que sistematize iniciativas concretas para o setor museológico, e ainda que potencialize os recursos destinados a essa agenda. Ou seja, enquanto parte de uma agenda

institucional, a existência de um Programa que incorpora esse instrumental e se ampara na legislação vigente significa estruturar uma pauta que é central para a existência dos museus e das coleções.

Para isso, o Programa se estruturou por meio de 04 (quatro) eixos, que se voltaram para o arranjo interno de governança, mas também para a difusão da metodologia para o setor, além da criação de mecanismos internos de suporte. Os Eixos que o compõem (Criação do Conselho Consultivo; Criação da Força-Tarefa para situações de emergência; Monitoramento dos Riscos; e Planos de Gestão de riscos) perpassam por escopos distintos, interdisciplinares, mas que são também complementares. Permeiam tanto o campo da gestão como da qualificação/capacitação e da articulação institucional.

O Programa traz uma ampliação das ações de segurança mais comuns, propondo ações de níveis estratégicos, de modo a identificar seus principais agentes e otimizar os recursos financeiros e humanos para mitigá-los e evitar sinistros.

Para atender as diretrizes e ações proposta no Programa desenvolveu-se ações ao longo dos anos. Importante ressaltar que paralelamente ao desenvolvimento dessas ações, constou-se a reestruturação interna do Ibram além da implementação do Regimento Interno em 2014, o que modificou alterações também na coordenação do Programa.

Ainda, a ampliação do uso do gerenciamento de riscos enquanto modelo a ser incorporado pelas instituições vinculadas ao Governo Federal, na perspectiva de governança e controles internos trouxe maior proeminência ao Programa, ainda que as abordagens para o uso do método fossem distintas.

No caso do Ibram, a Portaria nº 182, de 13 de maio de 2019 instituiu o Comitê de Governança, Gestão de Risco e Controles e demais instâncias de supervisão e posteriormente foi publicada, por meio da Portaria nº 313, de 17 de setembro de 2019, a Política de Gestão de Riscos do Instituto.

Ao longo da trajetória do Programa houve a necessidade de revisão, em que se pautou em discussões realizadas por meio de um Grupo de Trabalho. O objetivo fora mais voltado para os museus brasileiros de forma a agregar ferramentas não anteriormente incorporadas, como exemplo do Cadastro de Bens Musealizados Desaparecidos – CBMD.

Assim, a formalização por meio da publicação da Resolução Normativa nº 3, de 28 de julho de 2021 registrou a estrutura recomposta, não perdendo a sua base técnica ou legal, mas buscando fortalecer as articulações necessárias, com ênfase na importância do planejamento interno dos museus (o Plano Museológico) e incorporando as ferramentas que estavam desagregadas (CBMD e Banco de Voluntários), como mostra-se o quadro comparativo abaixo dos eixos estruturantes:

Quadro 3: Eixos Programa de Gestão de riscos.

Versão 2013	Versão 2021
EIXO I - Conselho Consultivo. Para gerenciamento do Programa, projetos e ações	EIXO I – Governança e Articulação. Reúne as diretrizes, estratégias e ações para a implementação integrada do Programa em sua interlocução com todas as áreas do Ibram, com o campo museológico.
EIXO II - Força-tarefa para Situações de Emergência. Para ações emergenciais de resposta aos riscos	EIXO II – Planejamento e Prevenção de Riscos. Reúne as estratégias e ações quanto às orientações para o planejamento e prevenção de riscos aos bens musealizados.
EIXO III - Monitoramento dos Riscos. Para o monitoramento das situações de risco	EIXO III - Monitoramento e Controle de Riscos. Reúne as estratégias e ações para o monitoramento dos riscos aos bens musealizados, tendo em vista a melhoria da eficiência e da sustentabilidade do controle e tratamento dos riscos.
EIXO IV - Plano de Gestão de Riscos. Para as ações de implementação da gestão de riscos nos museus	EIXO IV – Resposta a Emergências. Reúne as estratégias e ações para as respostas a situações de emergência nos museus brasileiros, considerando a contenção de perdas de valor de bens musealizados e recuperação de danos.

Fonte: Ibram 2013, 2021.

Nota-se que esses eixos abarcam todo o ciclo do gerenciamento de riscos e seus estágios de controle (identificar, detectar, bloquear, responder e recuperar), focando ainda nas ações de prevenção e de emergência. Desse modo, a incorporação e difusão da metodologia de gestão de riscos voltada ao patrimônio cultural é a base do Programa e é também resultante dele.

Além disso, como compromisso de subsidiar os museus sobre o método, que pode ser incorporado ao Programa de Segurança do Plano Museológico, a equipe do Ibram tem realizado ações de formação em articulação com os sistemas de museus e instituições afins. Nessas

ocasiões, se faz possível descrever o passo a passo para implementação do método, realizar exercícios e avaliar a eficácia desse planejamento frente aos desafios na preservação dos acervos. Essas capacitações são realizadas em duas modalidades: presencial, em que a equipe do Ibram se desloca até a cidade onde a oficina será promovida; e à distância, em meio online, para maior alcance de profissionais, estudantes e interessados pela área.

Desde o seu lançamento em 2013, o Programa vem se desenvolvendo e se fortalecendo. Sendo referência para países ibero-americanos e em contínua expansão, seja por meio do firmamento de acordos de cooperação, diálogos institucionais, realização de capacitações, difusão de materiais de apoio, ou pelo avanço na profissionalização dos museus. Como forma de demonstração de ações e ferramentas, destaca-se o “Cadastro de Nacional de Bens Musealizados Desaparecidos”⁴, o “Banco de Voluntários para situações de emergências em museus”⁵ e a Cartilha “Respondendo a emergências: orientações gerais para implantação de forças tarefas em museus”⁶.

Considerações finais

A Gestão de Riscos tem como foco a identificação sistemática de riscos que ameaçam as instituições e coleções aplicando medidas que possam eliminar ou controlar a ação dos agentes de risco. As medidas devem considerar o contexto institucional, especialmente à capacidade operacional da instituição, bem como o cenário político e financeiro, pois para que a implementação da ferramenta seja bem-sucedida é fundamental que as instâncias decisórias estejam totalmente alinhadas

⁴ O CBMD é uma ferramenta desenvolvida pelo Ibram voltada à prevenção e combate ao tráfico ilícito de bens culturais em atendimento à legislação nacional e às convenções internacionais, tais como a Lei nº 11.904/2009 que dispõe em seu Art. 29 que “Os museus colaborarão com as entidades de segurança pública no combate aos crimes contra a propriedade e tráfico de bens culturais”, e, a Convenção da Unesco de 1970 sobre as Medidas a serem Adotadas para Proibir e Impedir a Importação, Exportação e Transporte e Transferência de Propriedades Ilícitas dos Bens Culturais. (Ibram, 2023).

⁵ O Ibram por meio do Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado mantém um banco de dados sistematizado, com informações sobre profissionais, estudantes e interessados na área de Museus e Patrimônio, para atuarem nesses momentos de tragédia, nos quais as equipes internas dos museus necessitam de ajuda externa, para ampliar a força de trabalho e agir rapidamente no salvamento dos bens culturais atingidos. (Ibram, 2023).

⁶ A publicação traz diretrizes para a formação de forças-tarefas em resposta a emergências, que poderão ser utilizadas pelas equipes dos museus e suas redes de apoio adaptando-se a cada contexto. (Ibram, 2023).

ao planejamento estratégico.

Ademais, é fundamental que as ações de mitigação levem em consideração dois componentes essenciais, anteriormente, abordados neste artigo: as seis camadas do envoltório, uma vez que cada uma delas pode concentrar a ação de mais de um agente e gerar riscos variados ao acervo; e os cinco estágios de controle, haja vista que além de estabelecer uma percepção inicial do tratamento a partir das medidas preventivas, considera-se também a efetivação do risco provocando uma emergência e cujas ações podem demandar a ativação de um plano de emergência, configurando assim uma medida reativa.

O monitoramento e a comunicação, também desempenham papéis cruciais no processo, de modo que os riscos sejam gerenciados de maneira eficaz. Isso inclui o acompanhamento constante da evolução das principais ameaças, a partir da implementação das medidas de tratamento. Já a comunicação eficiente garante que os atores envolvidos tenham conhecimento de toda e qualquer mudança que ocorra no processo, criando, dessa maneira, um ambiente confiável onde todos estejam alinhados quanto ao andamento da ferramenta.

Além ainda, o gerenciamento de riscos deve se tratar de um processo contínuo, consulta que envolve dentre outras ações, a atualização constante do planejamento, a inserção de novos conhecimentos além da repetição do ciclo para que seja possível verificar a ocorrência de novas ameaças e sobretudo o controle dos riscos identificados.

Observa-se que o processo de gerenciamento de riscos pode ser uma importante aliada da gestão museológica, apresentando-se como um método objetivo, sintético e que facilita a tomada de decisões. E nesse sentido, pode colaborar com o aperfeiçoamento da profissionalização do museu e das ações de preservação e segurança.

A partir desses parâmetros e suas competências regimentais, o Ibram conseguiu unir em uma agenda institucional, por meio do Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado Brasileiro, uma série de iniciativas para colaborar com os museus no seu processo de aperfeiçoamento das ações de preservação e segurança.

Assim, a implantação do gerenciamento de riscos ao patrimônio musealizado no Ibram, surgiu com o objetivo de orientar e garantir a eficiência de iniciativas e esforços já existentes voltados à salvaguarda

dos acervos, assim como subsidiar ações futuras, proporcionando uma plataforma de trabalho estruturada, usando uma linguagem comum, por meio de uma metodologia adequada ao compartilhamento e integração dos conhecimentos e experiências específicos de cada museu. O uso dessa ferramenta estimula, ainda, a integração interdisciplinar e intersetorial com profissionais e instituições de áreas afins.

Com isso, o Ibram reitera seu compromisso em vistas das suas atribuições regimentais, na medida em que se atenta para o campo científico e seus desdobramentos buscando aproximar novos ferramentais que têm sido desenvolvidos, seja no âmbito acadêmico ou de política pública, mas que sobretudo, tenha potencial de valor ao processo de preservação do patrimônio cultural brasileiro.

É nessa perspectiva que o Programa de Gestão de Riscos do Ibram tem englobado uma série de ações que visam não só alcançar inúmeras áreas da preservação, mas que demandam, de alguma forma garantir que as áreas da conservação preventiva, segurança, manutenção, formação e capacitação possam ser compreendidas dentro de um planejamento integrado e mais eficiente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 31000 - Gestão de riscos - Diretrizes*. Rio de Janeiro, 2018.

BELO, Maria Katia. Valoração de coleções museológicas: um aporte sobre a metodologia de Gerenciamento de Riscos. *In: Revista Restauro*. Ed nº 2, 2017. Disponível em: <<https://revistarestauro.com.br/valoracao-de-colecoes-museologicas-um-aporte-sobre-a-metodologia-de-gerenciamento-de-riscos/?print=print>>. Acesso em 14 de maio de 2024.

COX HOLLÓS, A., & PEDERSOLI Jr, J. L. (2009). Gerenciamento de riscos: uma abordagem interdisciplinar. *Ponto de Acesso*, 3(1), 72–81. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/revistaici/article/view/3314>>. Acesso em 15 de maio de 2024.

IBERMUSEUS, ICCROM. *Guia de Gestão de Riscos para o Patrimônio Museológico*. Versão em Português, 2017. Disponível em: <http://www.iber-museus.org/wp-content/uploads/2018/01/Guia_de_Gestao_de_Riscos_

PT.pdf>. Acesso em 14 de maio de 2024.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Museus. *Programa de Gestão de Riscos ao Patrimônio Musealizado: diretrizes gerais, objetivos, eixos e linhas de atuação.* / Instituto Brasileiro de Museus - Brasília, DF: Ibram, 2021. Disponível em: <programa-de-gestao-de-riscos-ao-patrimonio-musealizado-brasileiro-2021 (www.gov.br)>. Acesso em 15 de maio de 2024.

_____. *Respondendo a emergências: orientações gerais para a implantação de forças-tarefas em museus* / Instituto Brasileiro de Museus (Ibram). -- Brasília, DF, 2023. Disponível em: <cartilha-respondendo-a-emergencias (www.gov.br)>. Acesso em 15 de maio de 2024.

MICHALSKI, Stefan; PEDERSOLI Jr, José Luiz. *The ABC Method: a risk management approach to the preservation of cultural heritage.* Ottawa: Canadian Conservation Institute / ICCROM, 2016. Disponível em: <https://iccrom.org/sites/default/files/2017-12/risk_manual_2016-eng.pdf>. Acesso em 14 de maio de 2024.

STANDARDS AUSTRÁLIA. *Norma AS/NZS 4360: 2004, Risk management.* Joint Australian/New Zealand Standard. Disponível em: <http://mkidn.gov.pl/media/docs/pol_obronna/20150309_3-NZ-AUST-2004.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2024.

A INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA DETERIORAÇÃO DE BENS CULTURAIS MÓVEIS: MEDIÇÃO E CONTROLE PARA A CONSERVAÇÃO

Antonio Gonçalves da Silva¹

¹ Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro e mestrado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é professor da cooperativa Restaurart e engenheiro químico do Arquivo Nacional onde atua como Coordenador de Preservação de Acervo. antoniosgdas@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Muitos bens culturais são constituídos por substâncias orgânicas, se deteriorando facilmente. No entanto, os bens constituídos por materiais inorgânicos também podem ser suscetíveis à deterioração, que pode ser causada por fatores internos, oriundos dos seus próprios constituintes; ou fatores externos, referentes ao seu local de guarda, ou pelo manuseio.

As causas de deterioração dos bens culturais podem ser intrínsecas ou extrínsecas. Essas últimas podem ser divididas em campos do conhecimento científico, em química, biológica ou física. Destes, descreveremos neste capítulo apenas os fatores de deterioração físicos, causados especificamente pela luz, que é uma radiação eletromagnética. Isto é, a luz é uma forma de energia, podendo ser, conforme seu comprimento de onda, de alta ou baixa intensidade.

Também descreveremos como, a partir das últimas décadas, a luz passou a ser utilizada na área de conservação de bens culturais na preservação e na análise de caracterização química e física de acervos museológicos, arquivísticos e bibliográficos. Não se pretende aqui descrever minuciosamente todos os aspectos referentes aos tipos de danos causados pela radiação eletromagnética em bens culturais.

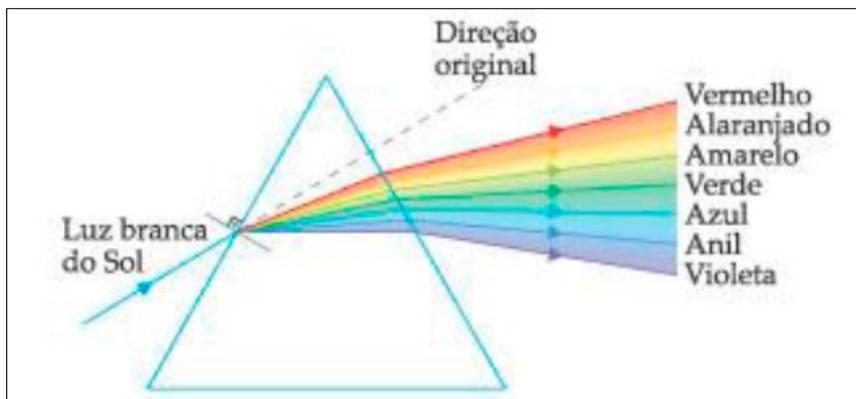
Assim, os objetivos deste capítulo são descrever as características da deterioração causada pela luz em bens culturais, o emprego da radiação gama na conservação através da desinfestação e desinfecção, exterminando insetos e fungos respectivamente, e as metodologias de análises não destrutivas para sua caracterização.

1 - Definição de luz

Inicialmente neste capítulo descreveremos definições do estudo da óptica da área de física sobre radiação eletromagnética, classificando o que geralmente chamamos de luz. “A luz pode ser definida como uma forma de radiação eletromagnética cuja frequência é visível ao olho humano” (Brasilecola, 2022, p.). As frequências de luz que são visíveis ao olho humano são chamadas de espectro visível, mostradas a seguir na Figura 1, são as cores que nossos olhos observam, e essas ondas têm comprimentos entre 400 e 700 nanômetros, entre o ultravioleta e o infravermelho.

O que chamamos de luz é um tipo de onda eletromagnética visível, formada pela propagação em conjunto de um campo elétrico e um magnético, como é característico da radiação eletromagnética, a luz pode propagar-se através de diversos meios e sofrer alterações de velocidade ao passar de um meio de propagação para outro.

Figura 1: Decomposição da luz branca em seus vários comprimentos de onda



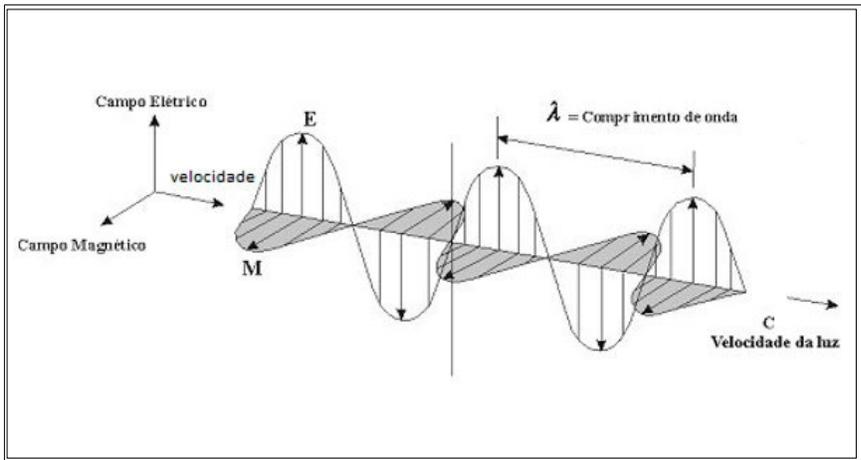
Fonte: <https://lusoacademia.org>. Acesso em: 22 fev. 2022

Este fenômeno apresentado na Figura 1 é geralmente observado na natureza antes, ou após, períodos chuvosos com Sol, quando observamos um arco íris, significando que as nuvens estão carregadas de moléculas de água que causam a dispersão da luz branca do Sol, entendida como um fenômeno de separação de uma onda luminosa em seus vários componentes espectrais.

A luz se propaga em ondas, como mostrado na Figura 2. Estas ondas possuem cumes, ou cristas, representados pelas partes mais elevadas das ondas, acima do eixo, e vales que são as porções abaixo do eixo. A distância entre o eixo e os cumes, ou os vales, é denominada amplitude (A) da onda. E a distância entre os cumes é denominada de comprimento da onda, simbolizado pela letra grega lambda (λ). A partir destas características da onda luminosa, podemos calcular sua frequência F , ou período da onda, ou seja, o tempo que ela formará os cumes ou vales, cuja unidade é o Hertz, mesma unidade de frequência das rádios, pelo som também se propagar em ondas. A Frequência, também chamada frequência de onda, é uma medida do número total de vibrações ou oscilações feitas dentro de um período determinado de tempo. Estes símbolos descritos anteriormente são utilizados para determinar a frequência da onda, que é

o período de formação de cristas e vales, e sua velocidade.

Figura 2: Propagação da luz em onda e comprimento de onda da luz



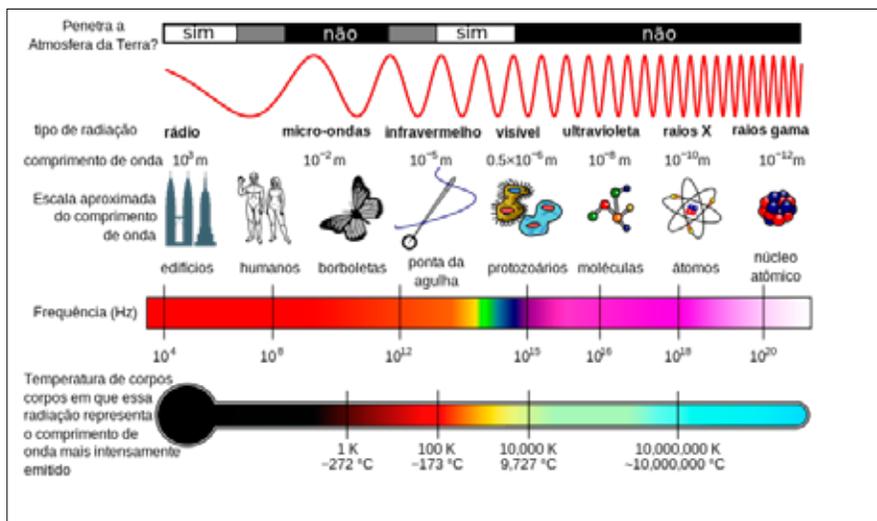
Fonte: Disponível em : <https://proenem.com.br/enem/fisica/o-que-devemos-saber-sobre-som-e-luz/>. Acesso em: 22 fev. 2022

1.1 - Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético, mostrado na Figura 3, é a distribuição das ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis, de acordo com a frequência característica de cada radiação e seus níveis de energia. As ondas eletromagnéticas são aquelas que se propagam independentemente da presença de um meio material e possuem velocidade máxima, referente à da propagação da luz no vácuo de 300.000Km/s.

As ondas mais curtas como os raios-X, os raios gama, à direita do espectro, são mais energéticas, sendo empregadas no campo da conservação nos ensaios não destrutivos. As radiações à esquerda, com maiores comprimentos de onda, e com menores índices de energia como o visível e o infravermelho são utilizadas nas análises fotográficas de diagnósticos. A radiação ultravioleta cujos raios estão localizados na posição central do espectro é utilizada no diagnóstico e nos ensaios não destrutivos de bens culturais. As radiações que possuem frequências de onda curtas, como os raios-X e gama são altamente penetrantes, podendo ser empregadas para análises não destrutivas. Enquanto as frequências de onda longas, menos penetrantes, como o infra vermelho, o visível e o ultra violeta, podem ser utilizados nas investigações fotográficas do estado de conservação.

Figura 3: Espectro eletromagnético



Fonte: <https://www.sobiologia.com.br>, Acesso em: 19 abr. 2023

1.2 - O olho humano

O olho humano só é capaz de discernir uma pequena parcela de todas as radiações eletromagnéticas existentes. O intervalo que pode ser percebido pelo sistema visual humano é denominado de espectro eletromagnético visível, mostrado anteriormente na Figura 1. O espectro visível inicia-se na frequência que corresponde à luz vermelha e termina na frequência da luz violeta. A sequência das cores no espectro visível é: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

2 - Causas de Deterioração de Bens Culturais

Os bens culturais de características químicas orgânicas ou inorgânicas se deterioram, por fatores intrínsecos, extrínsecos, ou pela combinação desses fatores.

2.1 - Fatores intrínsecos da deterioração

Os fatores intrínsecos da deterioração de bens culturais são aqueles inerentes ao seu processo de fabricação, como por exemplo, a acidificação e oxidação dos seus componentes.

Os agentes intrínsecos da deterioração do papel e de telas uti-

lizadas em pinturas se referem aos produtos químicos utilizados na sua fabricação, ou no seu preparo, e os danos causados nestes suportes dependem das características químicas destas substâncias, que podem apresentar incompatibilidade química entre si e, dependendo destas características, podem contribuir para o aumento de sua deterioração.

2.2 - Fatores extrínsecos da deterioração

As condições ambientais dos locais de guarda, ou o mobiliário podem contribuir para deterioração dos bens culturais. Os agentes externos de deterioração destes materiais podem ser divididos em físicos, químicos e biológicos. Nesse artigo descreveremos apenas os danos causados pela luz, que se caracteriza como um agente físico da deterioração.

A luz é um dos fatores mais agravantes do processo de deterioração dos acervos documentais arquivísticos e bibliográficos e alguns museológicos. O tipo de dano causado nestes bens depende do tipo de energia e do tempo de exposição. Os danos causados pela luz são irreversíveis e, mesmo após a remoção da fonte luminosa causadora da deterioração, temos redução na velocidade do dano causado. No entanto, ele não é interrompido, por ser acumulativo.

3 - Tipos de Lâmpadas

Desde o início do século XIX vários inventores tentaram construir uma fonte de luz a base de energia elétrica, cujo êxito foi de Thomas Edison em 1879, utilizando uma haste de carvão aquecida, tornando este invento atualmente conhecido como a lâmpada incandescente a base de filamento de tungstênio, que também é conhecida como Lâmpada de Bulbo, mostrada a seguir na Figura 4.

Após a invenção desta lâmpada no século XIX, passamos uma década com apenas dois tipos de lâmpadas para fornecer iluminação, sendo estas a incandescente e a lâmpada fluorescente. No início dos anos 1960, foi inventada a lâmpada de leds, apresentando menor consumo energético, atendendo às exigências ambientais do período.

A seguir nos itens 3.2, 3.3 e 3.4 descreveremos estes tipos de lâmpadas, suas características de utilização e suas influências na deterioração de bens culturais nos locais de guarda e exposição de acervos.

Figura 4: Lâmpada de Bulbo



Fonte: <https://www.tokstok.com.br>, Acesso em: 22 mar. 2023.

A luz é muito importante para observarmos diversos bens culturais expostos em diversos locais, como por exemplo, uma pintura a óleo em telas; pinturas nos tetos de diversas igrejas etc. No entanto, dependendo dos tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação destes locais, elas podem favorecer sua deterioração. Assim, para auxiliar os curadores de exposição na seleção de lâmpadas na iluminação de locais de exposição descreveremos a seguir as características técnicas dos diversos tipos de lâmpadas disponíveis no comércio, auxiliando na redução de danos aos acervos. Convencionalmente iniciaremos estas descrições pelas lâmpadas incandescentes, por serem os primeiros tipos que foram utilizados para iluminação em ambientes internos.

3.2 - Lâmpadas incandescentes

Thomas Edison, citado anteriormente, é descrito na literatura como inventor deste tipo lâmpada, mostrado na Figura 4. O princípio de

emissão de luz por essas lâmpadas baseia-se no aquecimento de corpos metálicos ou não metálicos, como o carvão, utilizado na sua descoberta.

Durante o aquecimento destes materiais, seja pelo calor ou por recebimento de grande quantidade de energia elétrica que penetra nos átomos, aumenta o grau de agitação das moléculas, excitando seus elétrons que por sua vez começam a produzir ondas eletromagnéticas ao seu redor, que causam movimento nos átomos, produzindo energia radiante, que é a luz. Por emitirem energia, estas lâmpadas também são conhecidas como lâmpadas quentes, contrastando com as lâmpadas fluorescentes e as de leds, que serão descritas a seguir, e denominadas de lâmpadas frias.

3.2.1 - Utilização das lâmpadas de bulbo na conservação de acervo

A emissão de luz pelas lâmpadas de bulbo ocorre através do aquecimento do filamento metálico. Nesse processo também ocorre a emissão de radiação térmica, que é ruim para a conservação de vários bens culturais como, por exemplo, pinturas, fotografias, tecidos, devido ao esmaecimento de pigmentos de camadas pictóricas e deterioração das fibras de celulose de tecidos de algodão, ou das fibras proteicas de tecidos de lã e de seda. Assim, a utilização desta lâmpada na iluminação de museus, arquivos, centro culturais, e ou outros locais que guardam bens culturais, pode favorecer a deterioração destes bens.

Por causa da emissão de calor, atualmente as lâmpadas incandescentes não são recomendadas para serem utilizadas em locais que abrigam acervos documentais, bibliográficos ou museológicos. Assim, o ideal na iluminação destes locais é empregar lâmpadas frias na iluminação.

3.2.2 - Danos causados em bens culturais por lâmpadas incandescentes

Nos bens culturais expostos em locais que possuem iluminação feita por lâmpadas incandescentes, sua deterioração ocorre devido à incidência de radiação térmica, oriunda destas lâmpadas, que ocorre principalmente devido aos efeitos do aquecimento de materiais que podem esmaecer, ou escurecer, conforme mostrado na Figura 5, a seguir.

Figura 5: Danos em bens culturais causado por lâmpadas incandescentes



Fonte: <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles>.
Acesso em: 13 abr. 2023

3.3 - Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes, mostradas nas Figuras 6A e 6B, podem ser tubulares ou de bulbo, como a incandescente. No entanto, as técnicas utilizadas para emissão de luz em ambas são iguais e diferentes das lâmpadas incandescentes de bulbo, descritas anteriormente. Na fluorescente a emissão ocorre de modo semelhante aos tubos de descarga de gás, sendo utilizados vários tipos de gases como geradores de elétrons, principalmente argônio e mercúrio.

O interior deste tipo de lâmpada é preenchido com estes gases e seu funcionamento ocorre através da ionização de átomos de gás argônio e de vapor de mercúrio confinados no seu interior. Após a ionização, estes átomos são acelerados pela diferença de potencial entre os terminais da lâmpada e emitem ondas eletromagnéticas ao retornarem ao estado natural.

3.3.1 - Utilização das lâmpadas fluorescentes na conservação de acervo

Nas lâmpadas fluorescentes sua iluminação é gerada pela corrente elétrica que passa através dos gases de baixa pressão, gás de mercúrio, emitindo grande quantidade de radiação ultravioleta no comprimento de onda de emissão do vapor de mercúrio, isto é, entre 400 e 100 nanômetros. Esses níveis de radiação UV favorecem a deterioração de bens culturais, seja pelo escurecimento de papel jornal, esmaecimento de fotos, ou de pinturas.

Atualmente, apesar de possuir luz branca e fria, as lâmpadas fluorescentes são pouco recomendadas para locais que guardam bens culturais devido a suas características de causarem deterioração em diversos itens de acervos museológicos, arquivísticos e bibliotecário, conforme descrito a seguir.

3.3.2 - Danos em bens culturais causados por lâmpadas fluorescentes

Os danos aos bens culturais provenientes da exposição à luz ocorrem por dois processos, sendo estes a ação fotoquímica e efeito de aquecimento radiante. Nas lâmpadas fluorescentes que emitem luz UV, os danos ocorrem principalmente devido às reações fotoquímicas, diferentemente do ocorrido nas lâmpadas incandescentes descrito anteriormente.

As lâmpadas fluorescentes apesar de possuírem luz classificada como fria, sendo sua temperatura similar aos índices térmicos do ambiente, podem causar deterioração de vários itens de coleções museológicas, bibliográficas e arquivísticas, devido à emissão de luz UV em uma ampla faixa do espectro eletromagnético indo de 100 até 400 nanômetros, podendo causar o esmaecimento de pinturas, fotografias, capas de livros, escurecimento de papéis e outros tipos de danos em bens culturais. Se os locais de guarda possuírem esse tipo de lâmpada é necessário verificar se elas possuem filtros de bloqueio destas radiações.

Figura 6: Lâmpadas fluorescentes

6A - lâmpada fluorescente tubular 6B - A lâmpada fluorescente tubular



Fonte: <https://www.telhanorte.com.br/>, Acesso em: 23 mar. 2023

3.4 - Lâmpadas de Leds

As lâmpadas de Leds, *Light Emitting Diode*, mostradas a seguir na Figura 7, são comercialmente chamadas de Leds, sendo uma lâmpada que funciona com um componente eletrônico que gera luz de baixo consumo elétrico, necessitando de menor intensidade elétrica para gerar mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente, sem a necessidade de um reator como a lâmpada fluorescente.

As lâmpadas de Leds podem ter qualquer geometria descrita anteriormente para as lâmpadas de bulbos ou as fluorescentes. Assim as lâmpadas de Leds podem ser de bulbo, tubulares, ou compactas, sem necessitar de reator para dar partida no fluxo luminoso.

Figura 7: Lâmpadas de Leds de bulbo



Fonte: <https://eletroenergia.com.br/>. Acesso em: 29 mar. 2023

Na parte superior da Figura 8, mostrada a seguir, observamos as vistas superior e frontal de um par de lâmpadas de Leds e na parte inferior desta figura os pontos amarelos, indicam os leds individuais, responsáveis pela formação da luminosidade.

Figura 8: Vistas superior e internas da lâmpada de leds



Fonte: LED Lighting in Museums and Art Galleries – Technical Bulletin 36 - Canada.ca.
Acesso em: 3 abr.2023

3.4.1 - Utilização de lâmpadas de leds

As lâmpadas de leds, por apresentarem menor consumo de energia que as lâmpadas fluorescentes ou as lâmpadas incandescentes, passaram a ser utilizadas indiscriminadamente. No entanto, para o campo da conservação de bens culturais esta utilização é problemática. Michal-ski (2024) descreve que sua utilização na guarda de bens culturais é ruim para sua conservação, pois para estas serem benéficas devemos conhecer diversas características suas, como por exemplo, intensidade de emissão de luz ultravioleta, que não são disponibilizados pelos fabricantes.

Assim, o emprego destas lâmpadas pode ser mais danoso que a utilização de lâmpadas fluorescentes com filtros UV, por elas poderem emitir maior incidência de radiação UV, já discutido anteriormente. A seguir, descreveremos os aspectos deletérios relacionados à utilização das lâmpadas de leds em locais de guarda de bens culturais, como museus, biblioteca, arquivos e centros culturais.

3.4.2 - Utilização das lâmpadas de leds na conservação de bens culturais

O uso de LEDs em museus está se tornando cada vez mais frequente. Os benefícios são reivindicados em termos de qualidade da iluminação, conservação e manutenção e aspectos da conservação verde, por elas terem menor consumo de energia.

No entanto, o impacto da luz das Leds na preservação das coleções ainda não está completamente explorado, necessitando de mais investigações técnicas e científicas. Já que em alguns estudos com várias lâmpadas de leds brancas, com diferentes temperaturas de cor, avaliadas em testes de exposição, observou-se a degradação de cores e seu desbotamento. Nestes estudos, citados anteriormente, observou-se que as deteriorações dos bens culturais dependeram da distribuição espectral destas lâmpadas e, em geral, as lâmpadas de led brancas mostraram-se mais adequadas, para utilização em locais que abrigam acervos, por apresentarem menores índices de desbotamento de cores. Assim, recomendamos cautela na substituição das lâmpadas fluorescentes na iluminação de locais que abrigam bens culturais, por sabermos que a utilização de filtros adequados nestas lâmpadas pode reduzir a deterioração de bens arquivísticos, bibliográficos e museológicos.

4 - Danos Causados pela Luz em Bens Culturais

Neste capítulo já citamos à exaustão que a luz causa diversos danos em bens culturais, nos itens a seguir descreveremos os tipos de danos mais comuns, conforme o tipo de acervo, já que cada um tem sua característica própria.

4.1 - Danos em acervos arquivísticos e bibliográficos

A luz, natural ou artificial, por ela estar presente em quaisquer ambientes, é uma das principais causas de deterioração em coleções de bens culturais arquivísticos e bibliográficos. O papel é o principal material utilizado na confecção destes bens, seja como suporte de escrita, ou na confecção de capas para encadernados. Este produto é constituído principalmente de celulose, que é atacada pelos raios luminosos, tornando-a com coloração escura devido às reações de perdas e ganhos de elétrons, tecnicamente conhecidas como reações de oxidação e de redução, que podem causar encurtamento da cadeia de celulose, causando

alterações químicas e físicas na estrutura dos papéis, finalizando com a deterioração destes bens.

Outros bens culturais feitos de papel como, por exemplo, fotografias pretas e brancas e coloridas, mapas, plantas arquitetônicas e os constituídos de tecidos, que também é composto de celulose, são sensíveis à luz, como as fotografias e capas de livros encadernados em tecidos. Além do desbotamento e esmaecimento de pigmentos das tintas dos bens visíveis aos olhos humanos, a luz também pode causar danos à estrutura física e química dos materiais, impossibilitando seu manuseio e, assim, impedindo seu acesso e difusão.

Os danos causados pela luz nos bens culturais ocorrem quando a energia da luz interage com as moléculas orgânicas destes materiais. Esse processo contribui para reações químicas que causam mudança de cor ou desbotamento, bem como redução da resistência à tração dos materiais. Normalmente utilizamos o termo “luz” para nos referirmos à radiação eletromagnética visível. No entanto, os materiais também podem estar expostos à radiação ultravioleta (UV) e infravermelha (IR) através de fontes de iluminação cotidianas empregadas. Além disto, ainda temos em vários ambientes a entrada de raios solares, que penetram em alguns espaços de exposição, através de janelas sem filtros contra esta radiação.

Os danos causados pela luz em bens culturais, em materiais de suporte celulósico, como papel e tecido citados anteriormente, também podem ocorrer em materiais feitos em couro que são constituídos por materiais proteicos, que também têm características químicas orgânicas.

O desbotamento, ou escurecimento, conforme mostrado a seguir na Figura 9, em jornais é um dos efeitos mais significativos e visíveis da deterioração causada pela luz nos materiais em suporte celulósicos, causados principalmente pela radiação ultravioleta, que reage quimicamente com a celulose e corantes, causando perda de cor, ou escurecimento de materiais como nos jornais e revistas. Estes danos podem ser vistos em têxteis (como capas de livros de tecidos), couro tingido, em ilustrações impressas ou pintadas e em alguns materiais fotográficos, como negativos, fotografias em papel e *slides*, mostrados a seguir na Figura 10.

A luz pode servir como um catalisador para ativar oxidantes na atmosfera, o que pode levar à foto-oxidação da lignina, que é encontra-

da em altos níveis em papel de celulose de madeira, causando escurecimento ou amarelamento do papel, muitas vezes visto em jornais, como mostrado anteriormente na Figura 9.

Figura 9: Escurecimento de papel jornal



Fonte: Disponível em: <https://infoguides.pepperdine.edu/c.php?g=930039&p=6754234>. Acesso em: 14 mar. 2022

Figura 10: Esmacimento de materiais fotográficos

Fotografia	Filmes
 A black and white photograph of a woman with dark, curly hair, wearing a white, long-sleeved dress. She is sitting at a table, looking towards the camera. The photograph shows signs of age, including some fading and a slightly grainy texture.	 A cyanotype photograph of a woman in a white dress standing in a dark setting. The image has a characteristic cyanotype blue color and shows signs of fading and damage, particularly around the edges and in the background.

Fonte: Disponível em: <https://www.archivalmethods.com/blog/light-damage/>. e <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications>. Acesso em: 14 mar. 2022

4.2 - Danos em pinturas causados pela luz

A luz de fontes naturais, ou artificiais, pode transformar a forma como observamos uma obra de arte. Apesar da luz ser importante na observação das obras de arte, em especial nas pinturas, ela é um importante fator de deterioração.

As pinturas são estruturas compostas por diversos materiais orgânicos e inorgânicos, ocorrendo interações complexas entre esses diferentes componentes. Assim, sua deterioração pode ocorrer por diversos fatores como, por exemplo, más condições de armazenamento e exposição; fadiga mecânica e danos físicos; envelhecimento natural, causando alterações químicas, que também podem estar relacionadas às suas condições de guarda e exposição.

A exposição excessiva das pinturas à luz, mostrada a seguir na Figura 11, é uma das principais causas de sua deterioração, gerando o esmaecimento de cores nas obras de arte expostas em ambientes museológicos. Porque a luz pode causar branqueamento e desbotamento das cores, também descritos anteriormente. Além deste tipo de danos nas pinturas, a radiação, particularmente a radiação UV, pode promover a degradação química das telas, feitas de tecido, como a quebra de cadeia da celulose de telas, que pode potencialmente causar sua ruptura e desprendimento ou despolimerização dos aglutinantes de tintas, causando perdas de camadas pictóricas.

Figura 11: Pintura a óleo deteriorada pelo armazenamento inadequado



Fonte: <https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/70>. Acesso em: 14 mar. 2022

4.3 - Danos em outros bens culturais museológicos

Vários bens culturais museológicos como, por exemplo, os etnológicos, esculturas de diversos materiais, arte rupestre, artefatos indígenas e outros, também podem ser deteriorados pela luz. Como estes são constituídos por diversos materiais, de composição química diversa, a deterioração de cada um destes bens dependerá de sua composição química, dificultando-nos descrever detalhadamente a influência da radiação eletromagnética, ou luz.

5 - Métodos de Conservação para Reduzir Danos Causados pela Luz

Nas ações de conservação são descritos vários métodos de prevenção da deterioração dos bens culturais causados pela luz, através de substituição de lâmpadas. Há algumas décadas era recomendada a troca das lâmpadas de filamento de tungstênio (lâmpadas quentes), por lâmpadas fluorescentes, que emitem radiação ultravioleta, que também causa danos aos bens culturais, já descritos anteriormente. Assim, na conservação verde recomenda-se a troca destas lâmpadas por similares de LED, que é um componente eletrônico capaz de emitir luz visível, descrito no item 3.4.

As lâmpadas LED não são apenas melhores para a preservação de bens culturais. No entanto, a maioria dos tipos de luzes LED não emite, ou emite em quantidades muito pequenas, radiações nos comprimentos de onda do ultravioleta UV, ou infravermelho IR, os dois tipos de radiação mais prejudiciais aos bens culturais; além disso elas possuem menor consumo de energia.

O Instituto Canadense de conservação recomenda, antes de fazer a substituição das lâmpadas fluorescente por outras de LEDs, verificar junto ao fabricante suas características de emissão de radiação ultravioleta, pois algumas emitem mais intensidade que as lâmpadas fluorescentes

6 - Utilização da Luz na Conservação de Bens Culturais

Nas últimas décadas a conservação de bens culturais presenciou o crescimento da área de Arqueometria, que pode ser definida como:

uma ciência interdisciplinar que permite o encontro de uma ampla gama de categorias de disciplinas das

ciências humanas, exatas e naturais para o estudo científico de matérias-primas e produtos utilizados no tempo pré-histórico e histórico. Que envolve uma colaboração interdisciplinar entre arqueologia, história da arte e a preservação do patrimônio cultural com ciências exatas e naturais, como por exemplo, a física, a matemática, a biologia e a química. Essa área de pesquisa, na qual essas disciplinas se sobrepõem, também é conhecida como ciências arqueológicas (Santos; Morais Jr., 2023)

Assim, no final da década de 2000, a preservação de bens culturais no país foi surpreendida com a utilização de raios gama na desinfestação e desinfecção de bens culturais, realizada pelos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/IPEN. Nos anos posteriores, Fernanda Mokdessi Auada estudou em suas pesquisas no curso de doutorado no IPEN, que estas técnicas não causam deterioração do papel tratado com dosagem de 16 KGy, sendo essa a intensidade de energia da radiação empregada em seus experimentos. Dosagem similar pode ser empregada no tratamento de bens culturais em madeira. Mesmo nas doses mais elevadas de 25 e 50KGy não foram encontrados danos no suporte papel. Além disto, essas metodologias são utilizadas nos tratamentos de extermínio de insetos em chassis de quadros e esculturas em madeiras.

Além deste tratamento, a radiação também é utilizada em vários métodos de análise de caracterização de bens culturais, como os métodos fotográficos e na estratigrafia de pinturas. O estudo estratigráfico é um dos métodos padrão de exame que fornece informações precisas sobre a complexidade das camadas de tinta que compõem uma pintura ou acabamento decorativo.

A estratigrafia ou análise estratigráfica, mostrada a seguir na Figura 12, é o estudo da estratificação, ou seja, o estudo das ações construtivas de um bem cultural, como por exemplo, a estratigrafia de uma pintura, que estuda suas camadas construtivas.

FINE ART (2022) descreve que as informações reveladas por meio da análise estratigráfica podem ser registradas por meio de microfotografia e, em seguida, comparadas com o exame de raios-X, que fornece informações confiáveis sobre a história do objeto e a técnica utilizada pelo artista.

Figura 12: Corte estratigráfico de uma pintura



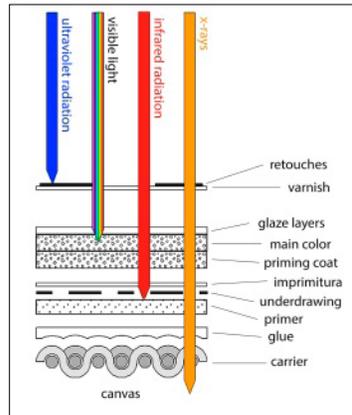
Fonte: Disponível em: <https://fineartconservation.ie/stratigraphic-studies-4-4-46.html>.
Acesso em: 15 mar 2022

O grande problema desta última técnica, é por ela ser um ensaio destrutivo, sendo necessária a retirada de um fragmento da camada de pintura para montar o corte estratigráfico para ser submetido à análise microscópica. Geralmente esta análise é aplicada em pinturas que apresentam craquelês, ou seja, que possuem áreas quebradiças com perda de camadas pictóricas.

Diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético, ou popularmente vários tipos de luzes, são utilizados em análises de bens culturais. Geralmente esse exame se inicia com luz visível, cujos comprimentos de onda vão do violeta, perto de 400nm, ao vermelho, em torno de 700nm, sendo esses comprimentos de onda geralmente utilizados na fase inicial do exame de obras de arte e acervos bibliográficos. Esta análise frequentemente é auxiliada por lupas, ou outros instrumentos óticos portáteis, para ampliar as características. A direção em que a luz cai sobre a pintura pode revelar características técnicas individuais, bem como diferentes questões de conservação.

Em seguida, são realizados exames fotográficos mais detalhados que podem ser realizados utilizando várias luzes com comprimento de onda na faixa do ultravioleta (Fotografia de fluorescência de ultravioleta, UV), entre 100 e 400nm; ou posteriormente outros comprimentos de onda que serão descritos em itens a seguir.

Figura 13: Tipos de fotografias utilizando diversos comprimentos de onda



Fonte: Disponível em: https://www.chemistryviews.org/details/ezine/9610631/Identification_and_Preservation_of_Cultural_Heritage.html. Acesso em: 14 mar 2021

Posteriormente, a análise da obra pode ser feita por fotografia digital com radiação infravermelha, entre 700 e 1000nm, que é um tipo de radiação eletromagnética que apresenta frequência menor que a da luz vermelha e, por isso, não está dentro do espectro eletromagnético visível. Finalmente, para observar danos internos na conservação de esculturas é muito empregada a análise da radiografia obtida pela exposição da obra aos raios-X, mostrado a seguir na Figura 14.

Figura 14: Radiografia de uma pintura.



Fonte: Disponível em: <https://fineartconservation.ie/x-radiography-4-4-45.html>. Acesso em: 15 mar. 2022

6.1 - Análise de bem cultural utilizando a luz

Diversas análises não destrutivas para caracterização de bens culturais são realizadas utilizando diversos comprimentos de onda da radiação eletromagnética, como por exemplo a Fluorescência de raios-X por dispersão de energia (portátil) (EDXRF - Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) que é uma técnica de investigação qualitativa e quantitativa dos elementos químicos de objetos patrimoniais. Os espectrômetros de fluorescência de raios-X portáteis são pequenos e facilmente transportáveis, por isso são amplamente aplicados na caracterização de materiais de bens culturais sem a necessidade de retirar amostras e de estabelecer contato físico com os mesmos. Outra vantagem do uso dessa técnica é que permite a realização de medições em várias regiões das obras e em áreas onde não é possível a retirada de amostras. Além disso, as análises in situ eliminam os riscos e custos do transporte da obra para ser analisada nos laboratórios e apresentam resultados quase em tempo real, que podem ser disponibilizados para serem imediatamente discutidos por uma equipe interdisciplinar, responsável pela conservação do bem cultural. A fluorescência de raios-X utiliza uma radiação eletromagnética de alta frequência e baixo comprimento de onda, que é muito penetrante nos materiais sem danificá-los.

Além da fluorescência de raio X, descrita anteriormente, outros comprimentos de onda do espectro eletromagnético podem ser utilizados em análises não destrutivas para caracterização de bens culturais como, por exemplo, a Difração de Raios-X - Análise de XRD, a espectroscopia de absorção e de emissão, etc.

Antes dos avanços das análises de bens arqueológicos por métodos analíticos através de ensaios não destrutivos, várias técnicas fotográficas, descritas a seguir, utilizando a radiação eletromagnética, já eram utilizadas na identificação de danos em bens culturais, como por exemplo, no diagnóstico de pinturas pela utilização de vários tipos de fotografias.

6.2 - Fotografias para análise de obras de artes

Diversos comprimentos de onda do espectro eletromagnético são utilizados na fotografia de obras de arte, para detalhar seus danos, inclusive de materiais diferentes dos originais, auxiliando na realização de um diagnóstico mais detalhado, para dar subsídios nas ações de conservação e restauração.

6.2.1 - Fotografia com luz visível

A fotografia com luz visível permite registrar a obra de um pintor, sua paleta cromática e detalhes estilísticos. O sistema utilizado consiste em uma câmera digital de alta resolução com sensor CCD, descrito a seguir, e filtros acoplados à lente, além de fonte de luz que pode, por exemplo, ser uma lâmpada halógena. O sensor CCD é um semicondutor para captar imagens, formado por um circuito integrado, capturando fotos convertidas pela luz absorvida em imagens.

Para a reprodução legítima da obra, principalmente o registro e reprodução das cores, utiliza-se uma tabela de cores (ColorChecker) com valores RGB (Red, Green e Blue) conhecidos e programas de correção de imagens.

6.2.2 - Fotografia com luz ultravioleta

Dentre os métodos de exame para pinturas, a fluorescência ultravioleta (UV) é certamente um dos mais frequentemente utilizados. A técnica é utilizada principalmente para análise das condições de deterioração da obra e, em particular, na verificação da existência de áreas que podem não fazer parte da imagem original. Nem sempre é fácil identificar visualmente o que é original na superfície pintada e o que foi adicionado em um momento posterior.

Ao ser projetado um feixe de luz UV na superfície da pintura, podemos observar como algumas das áreas ficam iluminadas, enquanto outras permanecem escuras. Este fator é devido ao fenômeno físico de fluorescência ultravioleta no campo visível. Ou seja, a propriedade de algumas substâncias brilharem quando são atingidas pelos raios UV que são invisíveis para nós, mas quando são absorvidos por certas substâncias são refletidos como luz visível. A diferença entre a luminosidade incidente e refletida é conhecida como fluorescência, que pode ser vista em uma pintura “iluminada” por luz UV apenas em função da composição química das diversas substâncias que compõem o verniz e das camadas pictóricas. Essa fluorescência varia de acordo com o tempo de aplicação destes materiais. Com esse exame, muitas vezes é fácil diferenciar o retoque da pintura original dos materiais sobrepostos que não são tão antigos, que podem aparecer mais escuros.

6.2.3 - Fotografia com luz infravermelha

A radiação eletromagnética que o olho humano visualiza está em um intervalo de comprimentos de onda entre 400 a 700nm. Além desses limites, os comprimentos de onda não são visíveis ao olho humano mas mantêm a capacidade de interagir com materiais assim como a luz visível, eles podem ser visualizados através de instrumentos analíticos por absorção, refração e transmissão etc.

No caso do infravermelho próximo, até cerca de 900nm, os métodos fotográficos normais podem ser usados, com pequenas adaptações, como a utilização de uma película especial que seja sensível a esses comprimentos de onda e um filtro que bloqueie a luz visível. Dessa forma, obtém-se uma imagem com diferentes tons de escuro e claro, semelhante a uma fotografia em preto e branco – mas composta apenas por radiação infravermelha.

A fotografia da superfície de uma pintura obtida dessa maneira parecerá bem diferente da forma como ela normalmente aparece. Uma camada de cor que é opaca na luz visível pode aparecer parcialmente transparente sob o infravermelho, evidenciando assim o que está embaixo, como por exemplo, um desenho preparatório ou uma lacuna. Naturalmente, nem toda a pintura ficará transparente. Assim, nem sempre estas características ocorrerão. O resultado dependerá do tipo de pigmento utilizado, da espessura da tinta, da forma como o pigmento da tinta foi moído, do tipo e quantidade do ligante e, por fim, do comprimento de onda da radiação infravermelha utilizada. Por essas razões, a refletografia infravermelha é o método preferido para visualizar possíveis desenhos de preparação. Mesmo que neste caso a imagem seja vista em um monitor de computador, menos detalhada, ela pode registrar radiação de maior duração e, na camada pictórica .

No campo da conservação de bens culturais existem outros tipos de fotografias que são empregadas para fotografia de diagnóstico de bens culturais, como por exemplo, a imagem multiespectral utilizando uma ampla gama de técnicas especiais de fotografia para olhar abaixo da camada superficial de uma pintura.

6.2.4 - Outras técnicas utilizando a da luz na conservação de bens culturais

Além das técnicas de imagens descritas neste capítulo, outras técnicas fotográficas são utilizadas na conservação de bens culturais como, por exemplo, a Fotografia com Luz Transmitida, a Refletografia de Infravermelho e a Radiografia, que também esclarecem detalhes dos bens que não são visíveis a olho nu.

Existem outras técnicas de conservação de bens culturais utilizando a luz, como por exemplo, a desinfecção e desinfestação de acervo documental em suporte papel, ou de esculturas em madeira, pela radiação Gama. E várias técnicas analíticas não destrutivas que fogem ao escopo deste texto.

7 - Conclusões

A radiação eletromagnética ainda é um importante fator de deterioração de bens culturais, A óptica define a luz como uma forma de radiação eletromagnética cuja frequência é visível ao olho humano, mas ela também tem frequências não visíveis a olho nu.

As frequências eletromagnéticas possuem vários tipos de energia, que dependendo do comprimento de onda podem ser mais ou menos energéticas, possuindo característica proporcional de penetração nos materiais. Isto é, as radiações menos energéticas, com maiores comprimentos de onda, são menos penetrantes nos bens culturais.

Dos fatores extrínsecos da deterioração, a luz é um importante fator acumulativo, continuando o processo de deterioração mesmo após ela ser removida.

Atualmente existem três tipos de lâmpadas, cuja diferença entre elas está na forma de conversão da energia elétrica em energia luminosa. Todas podem favorecer a deterioração de bens culturais.

As lâmpadas de Leds são recomendadas pelo seu baixo consumo energético, estando em acordo com as preocupações ambientais. Porém sua utilização nos locais que guardam bens culturais não deve ser indiscriminada, pois algumas emitem muita radiação ultravioleta. Para selecionar lâmpadas de Leds para serem utilizadas em locais que guardam bens culturais devemos conhecer suas especificações de fabricação e

características técnicas de seus níveis de emissão de radiações deletérias aos bens culturais.

As lâmpadas incandescentes de bulbo foram os primeiros tipos utilizados na iluminação de locais que guardam bens culturais. Atualmente estes tipos de lâmpadas não são recomendados, por elas gerarem calor além da radiação luminosa, favorecendo a deterioração de diversos bens culturais.

Em muitos locais que abrigam acervos há algumas décadas, as lâmpadas incandescentes foram substituídas pelas lâmpadas fluorescentes, apesar destas possuírem luz fria. Sua utilização em locais que abrigam acervos também não é recomendada, por emitirem elevados níveis de radiação ultravioleta, causadora de danos em acervos. No entanto, as lâmpadas fluorescentes podem ser utilizadas em locais que abrigam acervos desde que elas sejam equipadas com filtros que bloqueiem a passagem da radiação UV.

Recomendamos não substituir indiscriminadamente as lâmpadas fluorescentes dos locais que abrigam acervos por lâmpadas Leds, por elas poderem ser mais danosas que as primeiras. Apesar de estarem em acordo com as restrições ambientais e com a conservação do ambiente, a menos que sejam conhecidas todas suas características técnicas e seja constatado que não emitem UV que possa causar danos aos bens culturais.

Vários comprimentos de onda do espectro eletromagnético podem ser utilizados na realização de diagnóstico de deterioração de bens culturais, mostrando detalhadamente o tipo de dano. Diversos comprimentos de onda da luz também são utilizados em métodos analíticos, não destrutivos, para caracterização de materiais empregados na confecção de bens culturais.

8 - Referências

Bibliografia artigo MAST

ARCHIVAL METHODS. *Light Damage: Protecting Your Collections from Harm*. Archival Methods Blog. Disponível em: <https://www.archivalmethods.com/blog/light-damage/>. Acesso dia 14 de mar.2022

ARTNET TECHICHE ARTISTIC DIADNOSTIC RESTAURO. *Infrared hothogra-*

phy. Disponível em: <https://artenet.it/en/fluorescenza-uv-3/>. Acesso em: 15 nov. 2023.

AUADA, Fernanda Mokdessi. *Papéis para imprimir e escrever vítimas de enchente real: recuperação por radiação gama de Co-60*. 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-05072018-153352/pt-br.php>. Acesso em: 15 mar. 2022 doi:10.11606/T.85.2018.tde-05072018-153352.

BRASIL ESCOLA. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/luz.htm>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GIL, Milene. *A Conservação e Restauro da pintura mural nas fachadas alentejanas: estudo científico dos materiais e tecnologias antigas da cor*. Tese (Doutor em Conservação e Restauro) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 2009. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/50252>. Acesso em: 15 mar. 2022.

HELERBROCK, Rafael. *O que é LED*. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-led.htm>. Acesso em: 14 mar. 2022.

_____. *Luz*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/luz.htm>. Acesso dia 15 de mar.2022

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. *O que é infravermelho?*. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>. Acesso em: 15 mar. 2022.

LIZUN, Damian. *Stratigraphic studies*. Fine Art Conservation. Disponível em: <https://fineartconservation.ie/stratigraphic-studies-4-4-46.html>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MICHALSKI, Stefan. *Agent deterioration: light, ultraviolet and infrared*. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/light.html>. Acesso em: 1 mar. 2024.

Northeast Document Conservation Center. NEEDCC. *Leaflet 2.4: Protec-*

tion From Light Damage. Disponível em: <https://www.nedcc.org/free-resources/preservation-leaflets/2.-the-environment/2.4-protection-from-light-damage>. Acesso em: 11 mar. 2020.

PEPPERDINE LIBRARIES. *Learning and Research Guides. Preservation of cultural heritage: light*. Disponível em: <https://infoguides.pepperdine.edu/c.php?g=930039&p=6754234>. Acesso em: 11 mar. 2020.

ROSADO, Alessandra. *Análise científica de obras de arte: em exercício transdisciplinar*. Disponível em: <http://www.anpap.org.br/anais/2014-old/ANAIS/Comites/4%20CPCR/Alessandra%20Rosado.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

SANTANA, Crisley. *Como a ciência pode desvendar os bastidores das obras de arte*. Jornal da USP. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/como-a-ciencia-pode-desvendar-os-bastidores-das-obras-de-arte/?fbclid=IwAR01Vu5wuDY1JxBr-SEKhZHTpX12kQZ6QceGpBjkkpUPM7eLZP4q4G1AsUg>. Acesso em: 29 mar. 2022. Série de conteúdos produzidos pelo projeto Ciclo22

SANTOS, Michele C. O.; MORAIS JÚNIOR, Geraldo. P. *Arqueometria*. Disponível em: <https://arqueologiaeprehistoria.com/subareas-da-arqueologia/arqueometria/> Acesso dia 13 de jan 2023

SILVA, Antonio Gonçalves. *Procedimentos para aumentar a durabilidade de materiais perecíveis: papel*. In: Silva, Ruben R G. *Preservação documental: uma mensagem para o futuro*. Salvador: EDUFBA, 2012. p. 93-106. SCIELO. Disponível em: <http://books.scielo.org> . Acesso em: 28 abr. 2023.

WESTERN AUSTRALIAN MUSEUM . *Deterioration*. Disponível em: <https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/70>. Acesso em: 14 mar.2022

SUSTENTABILIDADE E O USO DE ENERGIA EM MUSEUS

Cassio Pereira¹

¹ Desde 2013 coordena a área de Operações e Tecnologia no então recém-inaugurado MAR - Museu de Arte do Rio de Janeiro. Em 2020, foi convidado a integrar a equipe e reformular a Gerência de Operações e Tecnologia do MAM, no Rio de Janeiro. Lidera uma equipe multidisciplinar de Facilities - Manutenção Predial, Brigada, Segurança Patrimonial, Portaria e Limpeza e Conservação. Atualmente é Gerente de Operações e Tecnologia no Museu de Arte Moderna – MAM Rio. E-mail: cassiopereira1@gmail.com

SUSTENTABILIDADE E O USO DE ENERGIA EM MUSEUS

A transição para fontes de energia limpa e sustentável tornou-se uma prioridade global para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e garantir um futuro mais saudável para o planeta. Os museus, como instituições culturais e educacionais, têm um papel crucial a desempenhar na liderança desse movimento e na adoção de práticas sustentáveis. O uso de energia limpa em museus traz uma série de benefícios significativos, tanto para as instituições quanto para a sociedade como um todo.

Redução das emissões de carbono: Uma das principais vantagens do uso de energia limpa em museus é a redução significativa das emissões de carbono. A energia limpa é gerada a partir de fontes renováveis, como a solar, eólica, hidrelétrica e geotérmica, que não emitem gases de efeito estufa durante a produção de eletricidade. Ao optar por essas fontes de energia, os museus contribuem diretamente para a redução da pegada de carbono e ajudam a mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Os museus são frequentemente vistos como instituições culturais líderes e influentes em suas comunidades, promovendo a sustentabilidade. Ao adotar o uso de energia limpa, eles estabelecem um exemplo inspirador e encorajam outras organizações e indivíduos a seguirem o mesmo caminho sustentável. Essa liderança pode estimular a conscientização pública sobre as questões ambientais e incentivar a adoção de práticas sustentáveis em outras áreas da sociedade.

Economia de custos: Embora a instalação de sistemas de energia limpa possa exigir um investimento inicial, a longo prazo, porém, essa transição pode resultar em significativa economia de custos para os museus. As fontes de energia limpa são renováveis e, em muitos casos, gratuitas, o que reduz os custos de aquisição de combustíveis fósseis. Além disso, os avanços tecnológicos têm levado a uma redução de custos na produção de energia limpa ao longo dos anos. Isso significa que, no longo prazo, os museus podem economizar dinheiro ao usar energia limpa e direcionar esses recursos para outras iniciativas culturais e educacionais.

Ao depender de fontes de energia renovável, os museus se tornam menos suscetíveis a flutuações nos preços dos combustíveis fósseis

e à instabilidade dos suprimentos. Isso cria uma maior autonomia energética para as instituições, reduzindo sua vulnerabilidade a interrupções no fornecimento de energia, caracterizando resiliência e independência energética.

Em áreas propensas a desastres naturais ou com infraestrutura energética deficiente, a adoção de energia limpa pode garantir que os museus continuem operando mesmo em circunstâncias adversas.

As fontes de energia limpa não apenas reduzem as emissões de gases de efeito estufa mas também melhoram a qualidade do ar local. Ao eliminar a queima de combustíveis fósseis, que libera poluentes atmosféricos nocivos, os museus contribuem para a redução da poluição do ar. Isso produz um impacto positivo na saúde dos profissionais que ali trabalham, das pessoas que visitam os museus, bem como nas comunidades vizinhas, promovendo um ambiente mais limpo e saudável para todos.

Em conclusão, o uso de energia limpa em museus traz uma série de benefícios importantes. Além de reduzir as emissões de carbono e promover a sustentabilidade, os museus podem economizar custos em longo prazo, aumentar sua resiliência energética e contribuir para a melhoria da qualidade do ar e da saúde.

Ao adotar práticas sustentáveis, os museus demonstram seu compromisso com um futuro melhor e inspiram outros a seguirem o mesmo caminho. É fundamental que as instituições culturais continuem liderando pelo bom exemplo e façam sua parte na transição para um mundo mais sustentável.

Inicialmente foram abordados alguns dos benefícios da aplicação de energia limpa em museus. Agora veremos um pouco do cenário no Brasil na utilização das matrizes energéticas, para termos um apanhado de como o nosso país consome energia.

Matrizes Energéticas no Brasil

As fontes renováveis de energia desempenham um papel fundamental na busca pela sustentabilidade e no combate às mudanças climáticas. Aqui estão algumas razões que destacam a importância dessas matrizes:

- **Preservação do meio ambiente:** As fontes renováveis, como energia solar, eólica, hidrelétrica e biomassa, possuem baixo

impacto ambiental em comparação com as fontes tradicionais de energia, como carvão, petróleo e gás natural.

Ao utilizar essas fontes, reduz-se significativamente a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e a preservação dos ecossistemas.

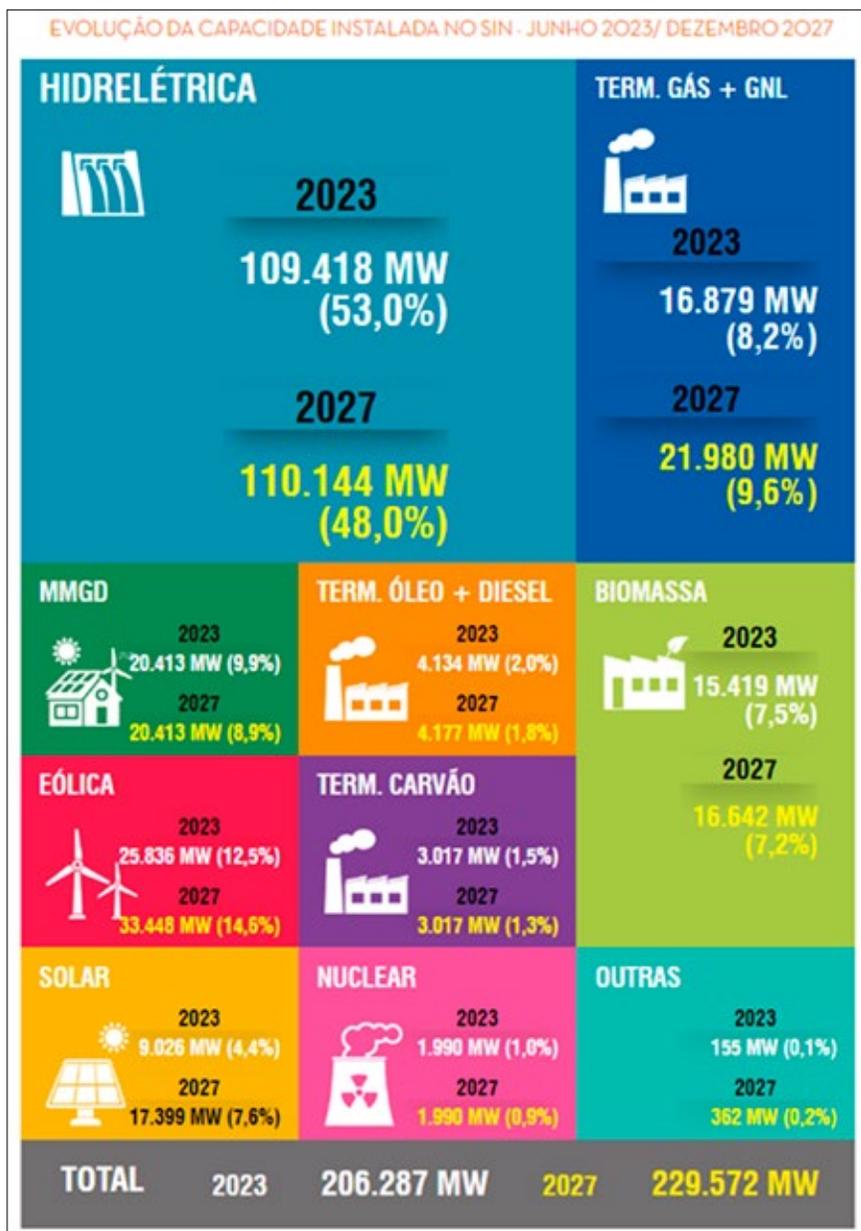
- Disponibilidade em longo prazo: As fontes renováveis são consideradas recursos inesgotáveis, pois dependem de processos naturais que se renovam continuamente, como a luz solar, o vento e o ciclo hidrológico. Ao contrário dos combustíveis fósseis, cujas reservas são limitadas e não renováveis, as fontes renováveis oferecem uma fonte de energia estável e duradoura.
- Diversificação da matriz energética: A dependência excessiva de fontes não renováveis de energia, como carvão e petróleo, cria vulnerabilidades econômicas e políticas, além de aumentar os riscos ambientais. A diversificação da matriz energética com o aumento do uso de fontes renováveis reduz a dependência de recursos limitados e aumenta a segurança energética.
- Estímulo à inovação e ao desenvolvimento tecnológico: A transição para fontes renováveis impulsiona o desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis. A busca por soluções mais eficientes e econômicas impulsiona a inovação, gerando avanços tecnológicos em áreas como armazenamento de energia, sistemas de captura de carbono e eficiência energética.

No cenário energético brasileiro de 2023, constata-se que aproximadamente apenas cerca de 34% da matriz energética do país é proveniente de fontes renováveis. Essa porcentagem ainda revela uma dependência significativa de fontes não renováveis, tais como combustíveis fósseis, termoelétricas e usinas nucleares.

Embora o Brasil seja reconhecido mundialmente por seu potencial de energias limpas e renováveis, como hidrelétrica, eólica e solar, a infraestrutura atual ainda não reflete plenamente essa diversificação.

A exploração intensiva de combustíveis fósseis e a utilização de termoelétricas e usinas nucleares são práticas que demandam uma transição gradual e consistente para fontes mais sustentáveis.

Figura 1: O mosaico representa o cenário das matrizes energéticas no Brasil em 2023



Fonte: Operador Nacional do Sistema - ONS

O caso Museu de Arte Moderna do Rio - Iniciativas para sustentabilidade

Localizado no Parque do Flamengo, o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro é uma instituição de destaque no cenário artístico e cultural do país. Sua atuação abrange os pilares fundamentais da arte, educação e cultura.

O MAM Rio é uma instituição cultural sem fins lucrativos, constituída em 1948 como sociedade civil de interesse público. É apoiado tanto por pessoas físicas como por empresas, que reconhecem a importância de sua missão. A Figura 2, a seguir, apresenta uma imagem do Parque do Flamengo - RJ, com Museu de arte Moderna do Rio ao centro.

Figura 2: Parque do Flamengo - RJ, com Museu de arte Moderna do Rio ao centro

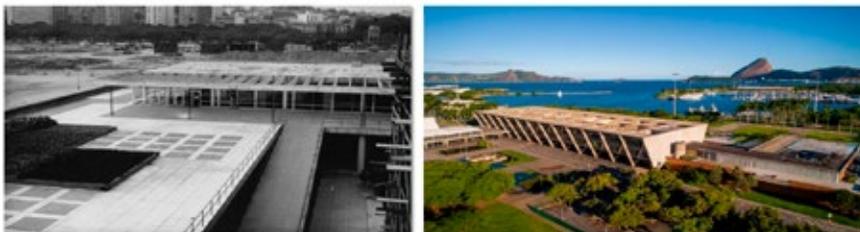


Fonte: Fotos do acervo interno do MAM

Em 2012, a cidade do Rio de Janeiro recebeu o prestigioso título de Patrimônio Mundial da UNESCO na categoria de Paisagem Cultural. No Dossiê da candidatura “Rio de Janeiro: paisagens cariocas entre o mar e a montanha”, o Parque do Flamengo foi colocado dentre os cinco elementos que garantiriam os atributos de “autenticidade e integridade” à paisagem cultural da cidade, ao lado do Parque Nacional da Tijuca; Jardim Botânico; Entrada da Baía: Fortes históricos, Pão de Açúcar e Enseada de Botafogo e Praia de Copacabana.

Dentro desse contexto, o MAM Rio desempenha um papel significativo como parte integrante desse cenário tombado. Desde sua fundação, o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro destaca-se como um elemento essencial para a cultura brasileira. Na Figura 3, à esquerda, encontra-se o Bloco Escola, primeiro edifício do MAM construído e inaugurado em 1958; e à direita, o Bloco de Exposição, inaugurado em 1967.

Figura 3: À esquerda, o Bloco Escola, primeiro edifício do MAM construído e inaugurado em 1958. E à direita, o Bloco de Exposição, inaugurado em 1967



Fonte: Fotos do acerto interno do MAM

O MAM não apenas preserva e expõe obras de arte moderna, mas também desempenha um papel ativo na promoção da educação artística e na disseminação da cultura. Por meio de exposições, programas educativos e iniciativas culturais diversas, o Museu contribui para o enriquecimento intelectual de seu público e para o fortalecimento da identidade cultural da cidade e do país. Graças à sua localização privilegiada e sua dedicação à arte, educação e cultura, o Museu se consolida como uma instituição de referência no panorama cultural do Brasil, cumprindo seu papel como agente transformador e inspirador na sociedade.

O MAM está plenamente alinhado com a resolução do Conselho Internacional de Museus - ICOM, datada de 24 de agosto de 2022. Essa importante resolução destaca a essência e o propósito de um museu. Dentre as frases notáveis, destacamos o trecho que afirma: “Um museu é uma instituição permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade, que pesquisa, coleciona, conserva, interpreta e expõe o patrimônio material e imaterial. Os museus, abertos ao público, acessíveis e inclusivos, fomentam a diversidade e a sustentabilidade.”

Ao abraçar e adotar os princípios e valores estabelecidos por essa resolução, o Museu reforça seu compromisso em atuar como uma instituição cultural que contribui para a sociedade. Dedicar-se à pesquisa, ao seu acervo e à preservação do patrimônio material e imaterial, propor-

cionando interpretação e exposição para o público em geral. Além disso, está comprometido em ser um espaço inclusivo, acessível e que valoriza a diversidade.

A sustentabilidade também é um pilar importante para este os museus, pois reconhece a necessidade de garantir a preservação do meio ambiente e a conscientização sobre questões relacionadas. Ao fomentar a diversidade e a sustentabilidade, ele desempenha um papel fundamental na promoção de uma cultura mais inclusiva, consciente e responsável.

O MAM Rio demonstra sua adesão à resolução do Conselho Internacional de Museus ao incorporar esses princípios em sua missão e práticas diárias. Esse comprometimento fortalece sua relevância como uma instituição cultural de destaque, e evidencia seu papel essencial na preservação e promoção do patrimônio cultural para o benefício de toda a sociedade. A instituição destaca-se por seus projetos sustentáveis, inclusivos e inovadores, que visam impulsionar ações e processos em linha com o Desenvolvimento Sustentável da Sociedade, conforme as metas estabelecidas pela ONU para serem cumpridas até 2030.

Dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) estabelecidas pela ONU em 2015, o MAM Rio se compromete a cumprir seis ODS, que são os seguintes:

3 - Saúde e bem-estar: Em parceria com a Secretaria Municipal de Assistência Social, o Museu apoia tanto a construção de novos projetos como a continuidade e reconstrução de projetos já existentes que contemplem pessoas em situação de vulnerabilidade social. Além disso, em parceria com a Secretaria Municipal do Envelhecimento Saudável e Qualidade de Vida, o MAM Rio fortalece seus laços com pessoas idosas, tornando o Museu um lugar que promove o bem-estar social por meio da cultura, educação e arte.

4 - Educação de qualidade: O programa de Educação e Participação do MAM Rio trabalha em conjunto com a comunidade escolar, buscando contribuir, por meio de suas ações formativas, para garantir o acesso de maneira equalitária a todos os níveis de educação, além de gerir os projetos sociais supracitados.

5 - Igualdade de gênero: O compromisso do MAM Rio com a igualdade de gênero permeia desde a composição da equipe, em todas as esferas da gestão, até os processos curatoriais e a programação do museu.

7 - Energia limpa e acessível: Desde 2018, o MAM Rio esteve envolvido no processo de estudo de sustentabilidade e posteriormente, a instalação de células fotovoltaicas para captação de energia solar, como parte de seu programa de sustentabilidade.

10 - Redução das desigualdades: O programa de Acessibilidade e Inclusão do museu busca criar espaços de protagonismo para pessoas com deficiência, contribuindo para capacitar e promover a inclusão social, econômica e política de todos os grupos.

17 - Parcerias e meios de implementação: O MAM Rio valoriza a importância das parcerias com órgãos municipais, estaduais e federais, buscando realizar e implementar projetos que tornem o Museu mais acessível e sustentável. Essas colaborações não se limitam apenas a esses aspectos, mas também envolvem iniciativas de apoio à sociedade, como programas voltados para o envelhecimento saudável e o acolhimento de pessoas em situação de rua.

Essas parcerias e projetos exemplificam a visão ampla e abrangente do MAM Rio, que busca utilizar sua influência e recursos para além do âmbito artístico, buscando impactar positivamente a sociedade como um todo. Ao unir esforços com os órgãos públicos e desenvolver iniciativas voltadas para questões sociais, o Museu reforça seu papel como agente transformador e comprometido com o bem-estar e a inclusão de todos.

Para alcançar os objetivos mencionados anteriormente, é crucial preservar todo o acervo do Museu de Arte Moderna do Rio,. O acervo do museu é um tesouro cultural e artístico, composto por obras que representam importantes manifestações da história da arte. Preservar esse acervo é essencial para garantir sua disponibilidade e apreciação pelas gerações presentes e futuras.

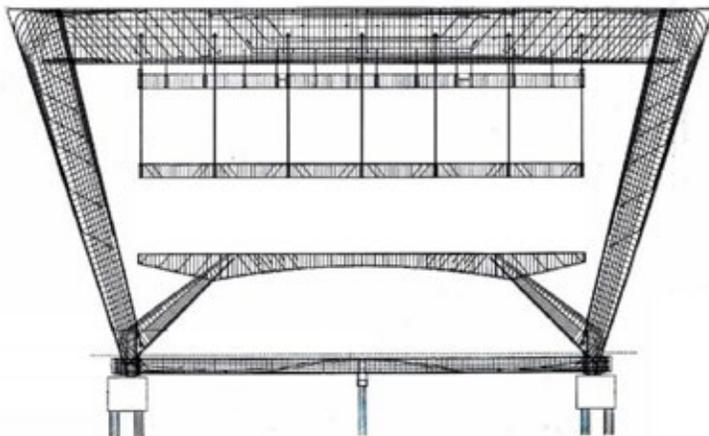
Além da preservação do acervo, também é importante reconhecer que o alcance dos objetivos do MAM Rio depende cada vez mais de energia. A energia é um elemento essencial para alimentar as diversas atividades do Museu, desde a iluminação das galerias até os sistemas de climatização, segurança e tecnologia. No entanto, a dependência crescente de energia também traz desafios em relação à sustentabilidade e à busca por fontes mais limpas e acessíveis. É fundamental adotar práticas e tecnologias que reduzam o consumo de energia e promovam o uso de fontes renováveis.

Ao aderir a projetos que investem em eficiência energética e adotar tecnologias sustentáveis, como a instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica, o Museu pode reduzir seu impacto ambiental, diminuir os custos operacionais e se tornar um exemplo de instituição cultural comprometida com a preservação do meio ambiente. Dessa forma, preservar o acervo do Museu e buscar soluções energéticas sustentáveis são duas vertentes interligadas que se complementam. Ao cuidar do acervo, garantimos a preservação cultural, enquanto a adoção de fontes de energia limpa nos permite atingir os objetivos de forma mais consciente e responsável, contribuindo para um futuro sustentável e equilibrado.

O MAM Rio, idealizado pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy, foi inaugurado em duas etapas: iniciando pelo Bloco Escola, em 1958, e posteriormente a segunda parte, com o Bloco Expositivo, em 1967. O Museu foi projetado com o objetivo de aproveitar ao máximo a luz natural e a climatização natural. Reidy planejou um modelo de edifício que pudesse absorver o máximo de luz natural, proporcionando uma iluminação adequada para as áreas internas.

O MAM Rio é um ícone da era moderna, como mostra a Figura 4, a seguir.

Figura 4: O MAM Rio, desenhado pelo arquiteto Affonso Reidy, é um ícone da era moderna

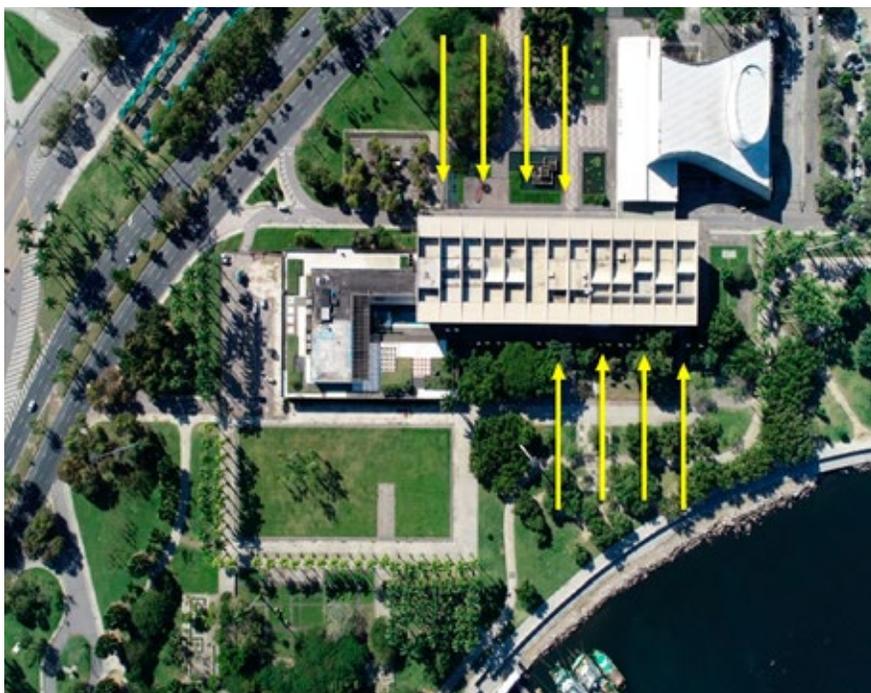


Fonte: Foto do acervo interno do MAM.

O projeto arquitetônico do MAM Rio, com seu foco na luz natural e na climatização natural, refletia a preocupação com a sustentabi-

lidade e o respeito ao meio ambiente. A integração harmoniosa do edifício com o entorno e a utilização inteligente dos recursos naturais são características que destacam o museu como um exemplo de arquitetura sustentável e consciente. A Figura 5, a seguir, mostra foto que ilustra a climatização e iluminação natural, conforme a arquitetura moderna do MAM Rio pensada por Affonso Reidy.

Figura 5: Esta foto ilustra a climatização e iluminação natural, conforme a arquitetura moderna do MAM Rio pensada por Affonso Reidy



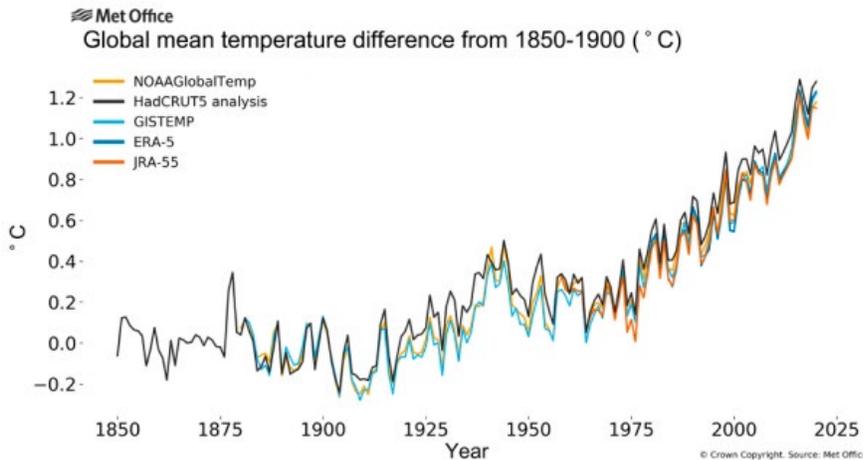
Fonte: Foto do Google Maps

Ao longo dos anos, o planeta tem enfrentado um aumento gradual da temperatura devido aos gases de efeito estufa, conforme apontado pelos dados da Organização Mundial de Meteorologia (WMO). Estudos realizados desde 1950, com projeções até 2025, revelam um aumento de quase 1,5°C na temperatura média global ao longo de 50 anos.

Esse aquecimento global tem impactos significativos na forma como o MAM passaria a conservar e preservar seu acervo desde sua inauguração. A Figura 6, a seguir, apresenta um gráfico publicado pela

Organização Meteorológica Mundial, mostrando a diferença de temperatura média anual global em relação às condições pré-industriais.

Figura 6: Gráfico publicado pela Organização Meteorológica Mundial, onde mostra a diferença de temperatura média anual global em relação às condições pré-industriais



Fonte: World Meteorological Organization – WMO

Para adaptar-se a essas mudanças climáticas, o Museu precisou recorrer à refrigeração artificial, utilizando sistemas de ar-condicionado central. No entanto, essa solução aumenta exponencialmente o consumo de energia necessária para manter as condições adequadas de conservação. Para ilustrar essa transformação, é possível comparar o consumo de energia do MAM em diferentes momentos históricos, como o uso de elevadores e 2.700 lâmpadas halógenas em 1958, em contraste com a implementação de sistemas de refrigeração por meio de Central de Água Gelada e fancoils no início dos anos 2000.

Essa mudança na forma de conservar o acervo reflete a necessidade de adaptar-se às novas demandas impostas pelas condições climáticas. O MAM Rio tem enfrentado o desafio de equilibrar a preservação do seu acervo com a busca por soluções energéticas mais eficientes e sustentáveis. Essa conscientização impulsiona o Museu a explorar tecnologias e práticas que reduzam o consumo de energia e minimizem seu impacto ambiental, sem comprometer a integridade e a conservação das obras de arte.

Para compreender as necessidades reais de climatização em

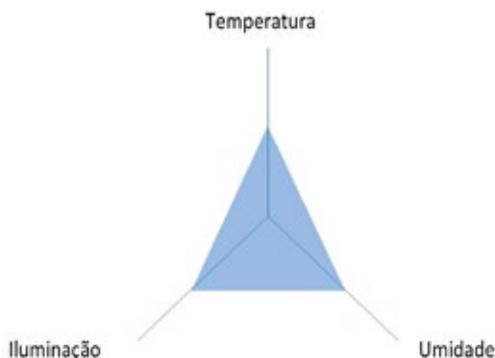
ambientes de preservação de acervos, é fundamental revisitar o tripé composto pelas variáveis determinantes para a gestão adequada: temperatura, umidade e iluminação. Essas variáveis são baseadas em melhores práticas e padrões internacionais e desempenham um papel crucial na preservação das obras de arte.

O controle da temperatura é essencial para manter um ambiente estável, dentro dos parâmetros adequados para cada tipo de acervo. Isso evita que as obras de arte sofram com a movimentação mecânica de suas superfícies, o que poderia resultar em danos como rachaduras ou deformações. Manter uma temperatura estável auxilia na estabilidade das peças, garantindo sua integridade ao longo do tempo.

O controle da umidade é fundamental para evitar a proliferação de fungos, que podem causar danos irreparáveis às obras de arte. Ao manter a umidade dentro de níveis adequados, é possível minimizar os riscos de deterioração e conservar a integridade dos materiais.

E o controle da iluminação desempenha um papel importante na preservação do acervo. Proteger as obras de arte contra raios ultravioleta, tanto provenientes da luz natural quanto da iluminação artificial intensa, é essencial para evitar o desbotamento e a deterioração das cores e pigmentações das obras. O equilíbrio entre a iluminação adequada para a apreciação do público e a proteção das peças é essencial para garantir a longevidade do acervo. A Figura 7 apresenta um gráfico representando o equilíbrio entre as principais variáveis da climatização.

Figura 7: Gráfico representando o equilíbrio entre as principais variáveis da climatização



Fonte: Elaborado por Cassio Pereira - MAM Rio

Portanto, o ajuste e controle precisos da temperatura, umidade e iluminação são aspectos fundamentais no que diz respeito à preservação de um acervo de obras de arte. A climatização desempenha um papel central ao fornecer um ambiente controlado que garanta a estabilidade dessas variáveis, contribuindo assim para a conservação e proteção apropriada das obras de arte ao longo do tempo.

O MAM Rio possui uma diversidade de acervos, abrangendo três categorias principais, que exigem um cenário complexo de controle climático, de acordo com suas respectivas áreas:

1 - Coleções de arte: Compostas por 16 mil itens de obras de arte modernas e contemporâneas, tanto nacionais quanto internacionais. Essas obras fazem parte das exposições do Museu, são emprestadas para mostras em instituições públicas e privadas no Brasil e no exterior, e são disponibilizadas para pesquisadores. A conservação adequada dessas obras de arte requer um controle preciso das condições climáticas.

2 - Pesquisa e documentação: Essa categoria engloba 150 metros lineares de itens que compõem a biblioteca, fotografias, cartazes e arquivos textuais, sendo essenciais para o estudo das artes visuais no país. A preservação adequada desses materiais requer condições climáticas controladas para evitar danos, como a deterioração do papel e a proliferação de fungos.

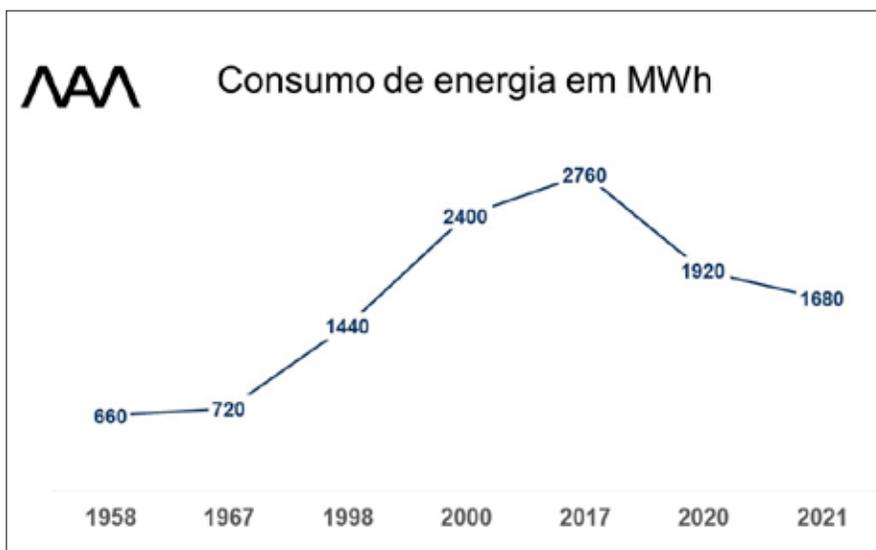
3 - Cinemateca do MAM: A cinemateca possui um acervo composto por 67 mil títulos, tornando-se o maior acervo do país para instituições privadas relacionadas ao cinema brasileiro. Além disso, abriga cerca de 3 milhões de itens documentais e possui uma sala de projeção com capacidade para 180 pessoas. Para garantir a preservação desses materiais audiovisuais, é essencial contar com um ambiente climatizado apropriado.

Dado o grande consumo de energia necessária para operar sistemas de climatização artificial, o museu reconheceu a importância de buscar soluções sustentáveis por meio do uso de fontes renováveis de energia. Essa busca por uma abordagem mais sustentável visava minimizar o impacto ambiental e reduzir os custos operacionais relacionados ao consumo de energia, ao mesmo tempo em que mantém a integridade e a preservação do acervo.

A necessidade de um sistema de refrigeração artificial demandou uma série de adaptações internas nos edifícios, para inclusão dos seguintes equipamentos: uma central de água gelada - CAG, dutos de ar-condicionado, tubulações hidráulicas, chillers, fancoils, torre de arrefecimento, bombas d'água, e selfie-contained. A adesão à esta tecnologia refletiu diretamente no consumo anual de energia no Museu, impactando também diretamente nos custos operacionais e de manutenção, para manter todos os equipamentos em funcionamento.

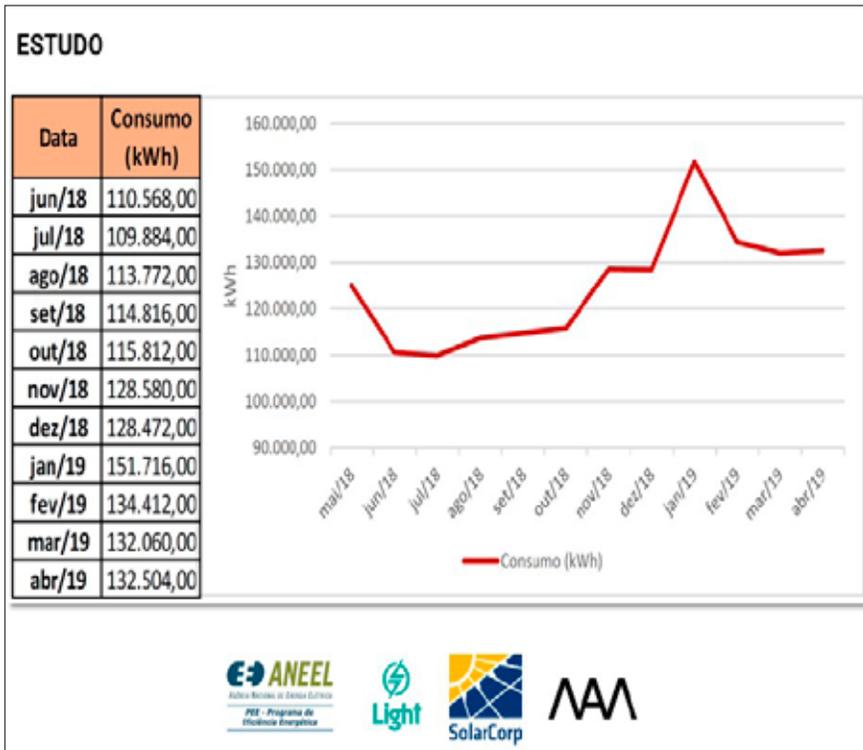
A Figura 8, a seguir, apresenta um gráfico que exhibe o aumento do consumo de energia, ano após ano, desde a inauguração do MAM Rio (MWh).

Figura 8: Este gráfico exhibe o aumento do consumo de energia, ano após ano, desde a inauguração do MAM Rio - valores em Megawatt-hora (MWh)



Fonte: Elaborado por Cassio Pereira - MAM Rio

Em vista disso, entre os anos de 2018 e 2019, o MAM contratou uma empresa especializada para realizar estudos de consumo e desenhar um projeto de eficiência energética, com o objetivo de incorporar fontes de energia renovável para suprir as necessidades energéticas, buscando assim uma abordagem mais sustentável no uso de energia. A Figura 9 apresenta o consumo energético do MAM entre 2018 e 2019.

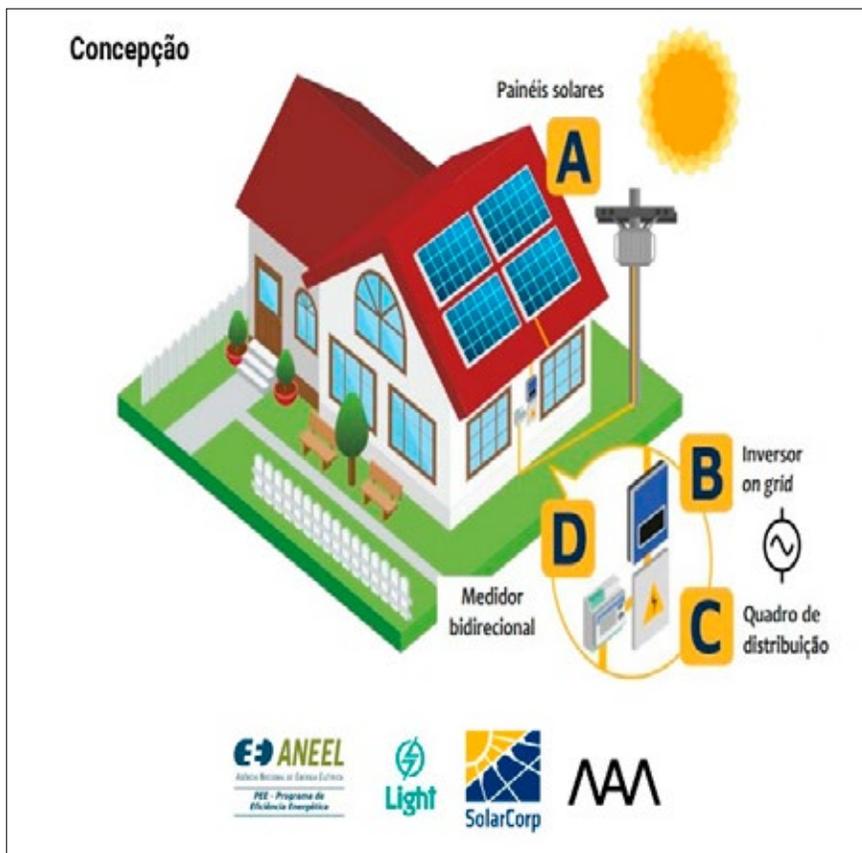
Figura 9: Consumo energético do MAM entre 2018 e 2019.

Fonte: Relatório do estudo realizado pela empresa SolarCorp

Os resultados desses estudos foram extremamente promissores, pois comprovaram que a combinação de um consumo elevado de energia elétrica e uma área útil de insolação favorável tornaria o local do Museu ideal para a instalação de uma usina fotovoltaica.

Essa descoberta permitiu que o Museu se inscrevesse com sucesso no Programa de Eficiência Energética, que é patrocinado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e pela Light. A Figura 10, a seguir, apresenta a concepção do projeto da usina fotovoltaica instalada no MAM Rio - Sistema on-grid, utilizando a estratégia de zero-grid.

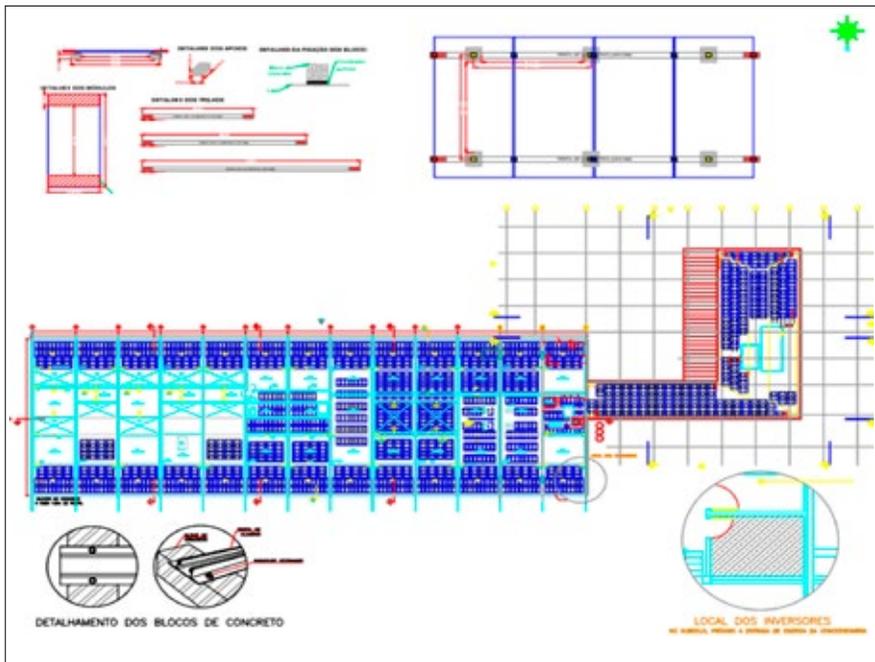
Figura 10: Concepção do projeto da usina fotovoltaica instalada no MAM Rio - Sistema on-grid, utilizando a estratégia de zero-grid



Fonte: Relatório do estudo realizado pela empresa SolarCorp

A participação nesse programa possibilitaria ao MAM Rio ser contemplado com a instalação de uma usina fotovoltaica. Essa usina, baseada na tecnologia solar, aproveitaria a energia proveniente do sol para gerar eletricidade, reduzindo a dependência de fontes de energia não renováveis e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. A Figura 11, a seguir, apresenta o Projeto de instalação dos módulos fotovoltaicos nas lajes do MAM Rio, em uma área total de 6.000m² - edifícios Bloco de Expositivo e Bloco Escola.

Figura 11: Projeto de instalação dos módulos fotovoltaicos nas lajes do MAM Rio, em uma área total de 6.000m² - edifícios Bloco de Expositivo e Bloco Escola



Fonte: Relatório do estudo realizado pela empresa SolarCorp

A instalação de uma usina fotovoltaica traria diversos benefícios para o museu. Além de reduzir significativamente os custos com energia elétrica, proporcionando economia financeira a longo prazo, o uso de energia solar também teria um impacto positivo no meio ambiente, diminuindo a pegada de carbono do MAM e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Ao engajar-se nesse programa e buscar a instalação de uma usina fotovoltaica, o Museu demonstra seu compromisso com a adoção de práticas sustentáveis e sua contribuição para a transição energética, mostrando que é possível conciliar as necessidades energéticas de um museu com a preservação do meio ambiente e a promoção da sustentabilidade.

Entre os anos de 2021 e 2022, a usina fotovoltaica foi instalada no Museu, ocupando uma área total de 6.000m². Além dos módulos de placa solar e dos inversores, o projeto contemplou a substituição de todas as lâmpadas halógenas e fluorescentes por lâmpadas LED. Todo projeto e instalação foi patrocinado pela Light por meio do Programa de Eficiência Energética da Aneel e executado pela empresa SolarCorp - parceira au-

torizada para criação e implantação deste projeto. A Figura 12 apresenta uma imagem do Museu durante a instalação da usina fotovoltaica, em 6.000m² de área.

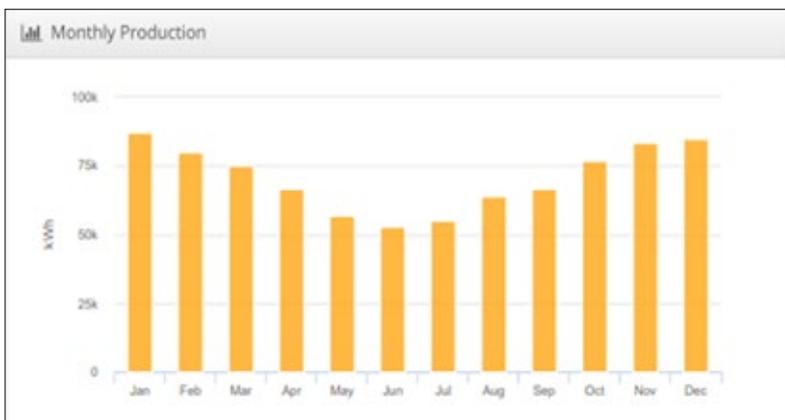
Figura 12: Durante a instalação da usina fotovoltaica, em 6.000m² de área



Fonte: Imagem de drone realizada pela empresa SolarCorp

Atualmente, o consumo médio mensal de energia elétrica no MAM Rio é de 124.799KWh/mês. De acordo com os estudos realizados, a nova usina fotovoltaica terá capacidade para suprir cerca de 45% do consumo de energia, que representa em média 56.100,77KWh/mês. A Figura 13 apresenta gráfico com a produção mensal que será gerada pela usina.

Figura 13: Este gráfico representa a produção mensal que será gerada pela usina



Fonte: Relatório do estudo realizado pela empresa SolarCorp

Além dos benefícios financeiros, quando entrar em funcionamento, previsto para 2023, a utilização da usina fotovoltaica terá um impacto positivo na redução das emissões de carbono.

Estima-se que, no futuro, o MAM deixará de emitir pelo menos 8,41 toneladas de dióxido de carbono por ano. Essa redução significativa na emissão de gases de efeito estufa contribuirá para a preservação do meio ambiente e para a mitigação das mudanças climáticas.

Esses números destacam o compromisso do MAM Rio com a sustentabilidade e a adoção de práticas ambientalmente responsáveis. Ao investir em fontes de energia renovável como a solar, o museu não apenas reduz seus custos operacionais, mas também demonstra liderança no setor cultural, promovendo a transição para uma matriz energética mais limpa e contribuindo para um futuro mais sustentável.

Além do uso de energia fotovoltaica, existem várias outras iniciativas que um museu pode adotar para preservar o meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Desde a captação de água da chuva até a coleta seletiva, passando pelo uso eficiente de energia, aliado a práticas de conservação e educação ambiental - esses parâmetros combinados auxiliam na construção de um museu mais sustentável e consciente do seu impacto na natureza. Dessa forma, essas medidas adotadas em prol desse modelo mais sustentável de gestão colaboram para a implantação de um museu cômico de sua relevância e participativo a favor da preservação do meio ambiente.

Referências

Sites consultados entre março e novembro de 2022.

<https://public.wmo.int/en>

<https://mam.rio/>

<https://www.wwf.org.br/>

<https://www.ons.org.br/>

<https://www.google.com/maps/>

<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

<https://www.sosma.org.br/calculadora-emissao-de-co2/>

<https://www.gov.br/iphan/pt-br>

<https://www.icom.org.br/>

Livro O desafio modernista: a construção de um ícone ISBN 978-85-98121-32-1

Estudo de Eficiência Energética do MAM- Relatório elaborado pela empresa SolarCorp.

POLUENTES EM MUSEUS, BIBLIOTECAS E ARQUIVOS: O CONHECIMENTO COMO FERRAMENTA FUNDAMENTAL PARA UMA MELHOR GESTÃO DE RISCOS

Karen Barbosa¹

¹ É bacharel em gravura pela Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pós-graduada em conservação de bens culturais também pela UFRJ e pós-graduada com especialização em conservação e restauro de bens culturais móveis pela Universidade Federal de Minas Gerais. Possui PhD em conservação e restauro de bens culturais pela Universidade Católica Portuguesa, no Porto, e é investigadora do Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes, na mesma universidade. Atuou como coordenadora do núcleo de conservação e restauro do Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand, entre 1999 e 2017. Em 2010 foi admitida para um estágio avançado de aperfeiçoamento em restauro de pintura nos laboratórios do Institut Royal du Patrimoine Artistique, na Bélgica. No âmbito do seu doutoramento em conservação e restauro, criou a rede temática sobre a Qualidade do Ar Interior em Museus, Bibliotecas e Arquivos (QAI-MBA), estabelecida no CITAR, onde promove a disseminação do conhecimento técnico e científico desde julho de 2021. kcristine@yahoo.com

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define poluentes como qualquer substância presente no ar ambiente que possa ter efeito nocivo na saúde humana ou no ambiente em sua globalidade. Danos causados por poluentes do ar não é, entretanto, um fenômeno exclusivo dos tempos atuais. Desde a era pré-histórica que já se tem indícios do escurecimento em pinturas rupestres, causado pela fumaça de fogueiras que aqueciam o interior das cavernas. No final do século 19 e início do século 20, a *National Gallery of London* se deparou com problemas causados pelas atividades industriais e sistemas de aquecimento e iluminação em uso à época, que produziu concentrações elevadas de fuligem e dióxido de enxofre (SO₂). Nos museus e arquivos foi observado o depósito de fuligem nas pinturas e a fragilização de papéis e encadernações de couro. Na ocasião, a *National Gallery* iniciou um processo de proteger suas pinturas com vidros frontais e proteção no reverso para mitigar riscos (SAUNDERS, 2000).

No Brasil, os padrões de qualidade do ar estaduais foram inicialmente estabelecidos em 1976 pelo Decreto Estadual n° 8468/76 e os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) (Conama, 2018).

Na Europa, a *European Environment Agency* (EEA), uma agência da União Europeia incumbida de prestar informações corretas e independentes, do ambiente e da qualidade do ar, pode fornecer algumas informações úteis sobre o tema (European Environment Agency, 2021).

No contexto da conservação do patrimônio, a exposição a uma atmosfera rica em poluentes, pode colocar em risco objetos importantes de um acervo, quer estejam em museus, galerias, bibliotecas ou arquivos. Nas últimas décadas, foram lançadas publicações importantes sobre poluentes em ambientes culturais. No livro intitulado *“The museum environment”* (Thomson, 1986), Thomson (*National Gallery of Art* de Londres) contribuiu com uma das primeiras publicações a priorizar o tema dos poluentes em acervos. Pamela Hatchfield (*Museum of Fine Arts* de Boston) com seu livro *“Pollutants in the museum environment”* (Hatchfield, 2002), seguida por Tétreault (*Canadian Conservation Institute*) com sua publicação *“Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives”* (Tétreault, 2003), são autores de referência na área da conservação pre-

ventiva, mais especificamente, sobre os poluentes. Cecily Grzywacz (*Getty Conservation Institute*) complementou o trabalho de seus colegas ao especificar metodologias de medição e monitoramento dos poluentes gasosos em uma publicação do *Getty Conservation Institute* - “*Monitoring of Gaseous Pollutants in Museum Environments*” (Grzywacz, 2006). O tema foi também abordado por vários outros autores e investigadores, entre eles David Thickett do *British Heritage*, Reino Unido, Alexandra Schieweck do *Fraunhofer Institute*, Alemanha, e Peter Brimblecombe da Universidade de *Hong Kong*, são profissionais que merecem ser mencionados pelos inúmeros trabalhos de investigação desenvolvidos.

Nas últimas décadas, muitos foram os projetos europeus que conduziram investigações sobre o tema dos poluentes, onde muitos dispositivos e metodologias foram desenvolvidos. A destacar o AMECP, *Assessment and Monitoring the Environment of Cultural Property* (EV-5V-CT-92-0144) (Blades, 1995), com o desenvolvimento do *Glass Slide Dosimeter* (GSD), O MASTER, *Preventive Conservation Strategies for Protection of Organic Objects in Museums, Historic Buildings and Archives* (2003-2006 - EVK4-CT-2002-00093) (Dahlin *et al.*, 2010) com o desenvolvimento do *Early Warning dosimeter for Organic materials* (EWO), o MIC, *Microclimate Indoor Monitoring for Cultural Heritage Preservation*, (2001-2004 - EVK4-CT-2000-00040) (Odlyha *et al.*, 2007), que explorou a tecnologia dos cristais piezoelétricos de quartzo, o IMPACT, *Innovative modelling of pollution and conservation thresholds* (2000-2004 - FP5 Cost-shared research n° EVK4-CT-2000-00031) (Blades; Kruppa; Cassar, 2002), que desenvolveu um software como ferramenta auxiliar na gestão de riscos, o SENSORGAN *Sensor System for Detection of Harmful Environments for Pipe Organs* (duração: 2006-2008 - SSPI n° 22695, Tipo de contrato: FP6 STREP) (Bergsten *et al.*, 2010) que também utilizou a tecnologia dos cristais de quartzo, mas revestidos com chumbo, pois fazia parte da conservação de um órgão em chumbo. Ainda o PROPAIN, *Improved Protection of Paintings during exhibition, storage and transit* (duração: 2007-2010 - FP6 SSPI n° 044254) (Dahlin, 2010) que explorou a eficácia dos 3 dosímetros juntos, EWO, PQC e GSD e permitiu os estudos da qualidade do ar no interior de molduras microclimáticas de pinturas. Durante o projeto MUSECORR, *Protection of Cultural Heritage by Real-time Corrosion Monitoring* (FP7/2007-2013 n° 226539) (Prosek *et al.*, 2013), foi desenvolvido o data logger AirCorr, que é baseado na corrosão de metais medida pelas alterações na resistência elétrica. Permite a utilização de vários tipos de metais (disponíveis comercialmente), e sendo um data logger, ele irá fornecer uma leitura contínua. Ainda o projeto MEMORI, *Measurements,*

Effect Assessment and Mitigation of Pollutant Impact on Movable Cultural Assets. - *Innovative Research for Market Transfer* (EU FP7-Supported Collaborative Project: 265132) (Grøntoft *et al.*, 2013), que desenvolveu a tecnologia MEMORI, que consiste em um dispositivo com 2 sensores já conhecidos, de projetos anteriores (EWO e o GSD), adicionados a um software e um leitor portátil dos dosímetros.

Mais recentemente, os projetos APACHE, *Active & Intelligent Packaging Materials and Display Cases as a Tool for Preventive Conservation of Cultural Heritage* (2019-2022, n° AMD-814496-10); SensMat, *Preventive solutions for sensitive materials of cultural heritage* (European Union Horizon2020 research and innovation program - grant agreement n° 814596); NEMOSINE, *Innovative packaging solutions for storage and conservation of 20th century cultural heritage of artefacts based on cellulose derivate* (H2020-NMBP-2017-two-stage, n° 760801-2); e *Collection-Care, Innovative and affordable service for the preventive conservation monitoring of individual cultural artefacts during display, storage, handling and transport* (European Union Horizon2020 research and innovation program - grant agreement n° 814624), exploraram procedimentos metodologias de suporte à tomada de decisões, baseados em sistemas modulares. Priorizaram o desenvolvimento de dispositivos, adsorvedores econômicos e embalagens de acondicionamento, visando atender museus de médio e pequeno porte.

O projeto APACHE, desenvolveu adsorvedores de poluentes sustentáveis de diversos tipos, à base de óleo castor, compósitos à base de sílica e aerogéis, além de utilizar da tecnologia NFC (*near-field communication*) em sensores da Tyndall, como dispositivos econômicos para medição de temperatura e UR dentro de embalagens e caixas (Gawade *et al.*, 2019; Androulidakis *et al.*, 2021; Zuliani *et al.*, 2022). Ainda foram desenvolvidas embalagens de cartão com desempenho térmico melhorado, capaz de estabilizar a temperatura e UR explorando as características dos compósitos poliméricos, entre outros. O projeto também contou com a tecnologia de um software desenvolvida anteriormente pelo projeto IMPACT da UCL (*University College of London*).

O projeto NEMOSINE objetivou o desenvolvimento de uma embalagem inteligente para filmes de acetato e nitrato de celulose, cuja tecnologia também pudesse ser implementada para outros objetos suscetíveis aos poluentes. A embalagem desenvolvida, composta por materiais à base de polipropileno, é composta por detetores de ácido acético, óxidos de nitrogênio (ácido nítrico e nitroso), adsorvedores de umidade

e de ácido acético (com redes metalorgânicas. Todos os sensores enviam informações por *bluetooth* a uma base de dados do *desktop* (Zappi *et al.*, 2020; Nemosine, 2021).

O projeto SensMat priorizou o desenvolvimento de multi-sensores para medições de temperatura, UR, COVs, corrosão, materiais particulados, luz e vibração que fossem de baixo custo e ligados a um sistema inteligente online, de forma a facilitar a tomada de decisões nas instituições (El Masri *et al.*, 2020; Riquel *et al.*, 2022).

O projeto CollectionCare, semelhante aos outros projetos já mencionados, também desenvolveu sensores para medição de temperatura, luz, poluição do ar e vibração e um software, para onde os dados são transferidos de forma remota (Perles *et al.*, 2020).

Principais poluentes e seu efeito sobre os objetos de um acervo

Os poluentes são agrupados numa gama de compostos que podem ter reações químicas com qualquer componente de um objeto (Tétreault, 2021). Alguns deles são emitidos diretamente de suas fontes e são conhecidos como poluentes primários, enquanto outros são formados no ar como poluentes secundários, através de processos complexos físico-químicos. Adicionalmente os poluentes podem ser divididos em dois grupos distintos, aqueles gerados no exterior, que podem facilmente infiltrar no interior, e aqueles gerados no interior dos edifícios. Entre os principais e mais comuns poluentes gerados no exterior dos edifícios, estão o dióxido de nitrogênio, o ozono, o dióxido de enxofre e os materiais particulados. Enquanto os principais poluentes emitidos no interior dos museus são os compostos orgânicos voláteis (COVs), incluindo o ácido acético, ácido fórmico, formaldeído, acetaldeído e o sulfeto de hidrogênio (Ashae, 2015). Tétreault (2003) aponta como sendo 7 os poluentes-chave, onde indica o ácido acético, sulfeto de hidrogênio, dióxido de nitrogênio, ozono, material particulado, dióxido de enxofre e ainda inclui os vapores de água, a justificar que a UR incorreta está relacionada com os danos químico, físico e biológico dos objetos. Atualmente, mais de quatrocentos compostos orgânicos e inorgânicos são considerados poluentes do ar interior em edifícios. Para uma melhor gestão de riscos, no que se refere aos poluentes em ambientes de acervo, se faz necessário, conhecer suas fontes, os materiais suscetíveis à ação de determinados compostos ou materiais particulados, sua sinergia com o espaço (temperatura, UR, luz) ou com outros compostos, taxa de circulação de ar no ambiente, valores-limite tolerados, monitoração e metodologias para mitigação. A seguir,

destacamos alguns dos principais poluentes conhecidos, o que não significa que outros não sejam danosos.

Ácido acético

O ácido etanoico, também conhecido como ácido acético (CH_3COOH), é um ácido carboxílico de odor pungente, azedo, que remete ao cheiro do vinagre, sendo ele seu principal constituinte. O ácido acético é emitido por madeiras (principalmente o cedro e o carvalho) e seus subprodutos (aglomerados, MDF, contraplacados), por alguns adesivos de silicone, tintas, linóleo, acetato de polivinilo, e certos produtos de limpeza, sendo também ele um produto derivado da degradação do acetato de celulose. Filmes de acetato de celulose são afetados pela “síndrome do vinagre” (Doença de Byne) libertando concentrações elevadas de ácido acético (Tabela 1).

Tabela 1: Ácido acético: fontes e danos

Poluente	Ácido acético
Fontes	Produtos de madeiras e seus derivados; Selantes de silicone com ácido acético (cura acetoxi); Degradação de materiais orgânicos e objetos de acetato de celulose (síndrome do vinagre) e triacetato de celulose; Adesivos de piso; Tintas de emulsão; Linóleo; Contaminantes microbiológicos provenientes do filtro do ar-condicionado; Tinta à base de óleo; Acetato de polivinilo; Produtos de revelação fotográfica; Algumas soluções de limpeza ecológicas; Tela de pintura (algodão e linho).
Danos	Corrosão de ligas de cobre (transformação do cobre metálico em sais verdes à base de cobre), cádmio, chumbo (transformação do chumbo metálico em sais brancos), magnésio e zinco; Alteração de pigmentos à base de chumbo e cobre; Eflorescência em materiais calcários, como as conchas (doença de Byne) e corais, além de cerâmicas, azulejos (rutura dos esmaltes), etc.; Eflorescência em objetos de vidro rico em soda; Diminuição do grau de polimerização da celulose; Esmaecimento em fotografias coloridas; Embaciamento no interior de vitrines; Degradação de vernizes à base de resinas naturais.

Fonte: Adaptado de Dahlin (2010), De Laet et al. (2013), Grøntoft et al. (2014), Grzywacz (2011), Hatchfield (2002), Tétreault (2003, 2021) e British Standards Institute (2012)

Ácido fórmico

O ácido fórmico é um poluente volátil pertencente ao grupo carboxila. Apesar de ser considerado um poluente primário, pode ser adicionalmente um poluente secundário, formado a partir da oxidação do formaldeído. Suas principais fontes são a madeira e seus subprodutos. Tende a ser danoso para os metais, especialmente o chumbo, materiais calcários, papéis, têxteis e materiais a base de proteína (Tabela 2).

Tabela 2: Ácido fórmico: fontes e danos

Poluente	Ácido fórmico
Fontes	Oxidação do formaldeído; Processo de secagem de tintas à óleo e resinas alquídicas; Madeira e seus subprodutos (independente da idade); Degradação de materiais orgânicos; Fertilizantes e pesticidas; Papel e produto de degradação da celulose.
Danos	Escurecimento/corrosão de metais (particularmente o chumbo, zinco e ligas de cobre); Eflorescência em objetos de vidro de silicato de sódio; Esmacimento em alguns corantes; Eflorescência em materiais calcários; Amarelecimento de papéis e documentos fotográficos.

Fonte: Adaptado de ASHRAE (2011), Smedemark et al. (2020), Tétreault (2021) e British Standards Institute (2012)

Formaldeído

O formaldeído foi considerado cancerígeno pela International Agency for Research on Cancer em 2004 (Aldag; Gunschera; Salthammer, 2017). É um aldeído utilizado principalmente na produção de vários tipos de resinas. As resinas fenólicas, de ureia e de melanina têm ampla utilização como adesivos e aglutinantes em subprodutos de madeira, polpas e papéis, na indústria de fibra de vidro sintética, na produção de plásticos e camadas de revestimentos e na finalização de têxteis (IARC, 2012). A sua fonte principal é o aglomerado de madeira, como o MDF (*medium density fiberboard*), mas também é utilizado como componente de colas, adesivos, de algumas tintas e de produtos de revestimentos (Tabela 3).

Tabela 3: Formaldeído: fontes e danos

Poluente	Formaldeído
Fontes	<p>Combustão de biomassa e vulcões; Emissões industriais e combustão de combustíveis provenientes do tráfego de automóveis; Fotocopiadoras; Madeiras e seus subprodutos; Cortiça; Combustíveis a álcool e álcool misturado com gasolina; Manufatura de automóveis, especialmente a pintura; Subprodutos da combustão, cozimento, aquecimento e fumaça de tabaco; Tintas com óleo de linhaça e outros óleos de secagem; Tijolos de terracota; Fabricação de cerâmica, exposições de forno; Vinil, laminados e papéis de parede. Revestimentos acrílico-melamina; Tintas alquídicas; Látex e tintas látex com baixo teor de COVs; Poluente secundário produzido pela reação do ozono e alguns materiais de carpete; Resina a base de formaldeído em produtos de madeira, madeira sólida; Adesivos; Coleções de espécimes úmidas de história natural; Metabolismo humano (respiração); Têxteis e tecidos de prensa permanente².</p>
Danos	<p>Embaciamento da prata (perda de brilho); Reação em filmes fotográficos e fotografias, especialmente em fotografias em preto e branco; Corrosão do chumbo em umidades elevadas (>75%); Formação de sais brancos na superfície e enfraquecimento da estrutura do vidro.</p>

Fonte: Adaptado de Grzywacz (2006), Hatchfield (2002), Tétreault (2021), Salthammer et al. (2010) e OMS (2010)

Óxidos de nitrogênio azoto

Suas principais fontes são externas, produzidas a partir dos processos de combustão. Muito da produção interior irá depender da filtragem do ar externo para o interior dos edifícios. Na atmosfera o dióxido de nitrogênio pode facilmente oxidar em sua forma ácida: o ácido nítri-

² Tecidos de prensa permanente (do inglês: permanent press fabric) são tecidos resistentes a rugas. Essa característica é obtida, entre outras, através da adição de formaldeído em sua manufatura.

co. Tanto o dióxido de nitrogênio como o ácido nítrico causam fadiga em corantes e contribuem para a deterioração do papel e de couro vegetal curtido. O efeito mais conhecido da ação do dióxido de nitrogênio como poluente interior é a degradação de filmes a base de nitrato de celulose. Sendo que os filmes, por eles mesmos, podem ser fontes de dióxido de nitrogênio assim como de outros gases de óxidos de nitrogênio (Tabela 4).

Tabela 4: Dióxido de nitrogênio: fontes e danos

Poluente	Dióxido de nitrogênio
Fontes	Veículos motorizados, motores de combustão interna, centrais termoelétricas e siderúrgicas; Encadernação revestida com piroxilina; Produto da degradação de roupas; Produto da degradação de objetos de nitrato de celulose; Fumo de tabaco; Fertilizantes agrícolas; Fogos de artifício.
Danos	Degradação de papéis e têxteis, sobretudo o algodão; Esmacimento e alteração de cor em corantes têxteis; Desbotamento de certas tintas, bem como pigmentos orgânicos em iluminuras; Degradação de fibras feitas de rayon, seda, lã e nylon, fragilizando e causando amarelecimento; Corrosão da prata rica em cobre; Corrosão do zinco em efeito sinérgico com o sulfureto de hidrogênio; Aumento do efeito de deterioração do dióxido de enxofre sobre os couros, metais e pedras.

Fonte: Adaptado de Grzywacz (2006), Hatchfield (2002), Tétreault (2021) e Uring et al. (2021)

Sulfeto de hidrogênio

É um gás com odor característico de ovo podre. É um poluente considerado importante pela sua capacidade de escurecer a prata e o cobre. É também conhecido por escurecer pigmentos de branco de chumbo em pinturas. Suas principais fontes antropogênicas são as indústrias de polpa de papel e de petróleo. Dentro de edifícios foram encontrados níveis elevados em ambientes com muitas pessoas (Tabela 5).

Tabela 5: Sulfeto de hidrogênio: fontes e danos

Poluente	Sulfeto de hidrogênio
Fontes	Exaustão de veículos e vulcões; Respiração humana; Degradação da borracha vulcanizada; Materiais de soldadura; Lã, pergaminho, couro e têxteis; Decomposição de alguns aditivos em plástico; Combustão de combustíveis a carvão; Pântanos e oceanos; Indústria de petróleo e celulose.
Danos	Destruição do tecido vegetal (relevante em coleções botânicas e de história natural); Alterações em pigmentos de chumbo: carbonatos, vermelho de chumbo, hidrocerusita ou branco de chumbo e óxidos; Formação de camada escura de sulfureto de cobre no metal de cobre, eventualmente substituída por uma pátina verde de sulfato de cobre básico; Escurecimento de objetos de prata e reação com os sais de prata em fotografias preto-e-branco; Transformação do zinco em sais, causando corrosão.

Fonte: Adaptado de Grzywacz (2006), Hatchfield (2002), Tétreault (2021), ASHRAE (2011) e British Standards Institute (2012)

Dióxido de enxofre

O dióxido de enxofre é um poluente primário. Suas fontes externas principais são os combustíveis, incluindo o carvão, petróleo, óleo e o gás natural. Adicionalmente, o SO_2 é produzido através da indústria de polpa e papel, vulcanização da borracha, espécimes geológicos contendo enxofre e materiais proteicos dentro de compartimentos fechados (Tétreault, 2003). Tende a afetar materiais à base de carbonato de cálcio (calcário, mármore, à frescos, arenito) e pode fragilizar materiais à base de celulose (papéis, linho e algodão), danificar materiais proteicos (seda, couro, pergaminho, lã), corantes, polímeros sintéticos (nylon) e metais (Tabela 6)w.

Tabela 6: Dióxido de enxofre: fontes e danos

Poluente	Dióxido de enxofre
Fontes	Atividade biológica marinha, erupções vulcânicas; Reações atmosféricas do sulfureto de hidrogênio que reage rapidamente com o oxigênio e forma tanto o dióxido de enxofre como o ácido sulfúrico; Queima de combustíveis fósseis; Fogos de artifício; Vulcanização da borracha; Degradação de materiais que contenham enxofre e objetos como as fibras proteicas, pirita pura ou amostras minerais contendo pirita e corantes de enxofre; Refinarias de petróleo; Indústrias de pasta e de papel.
Danos	Escurecimento/corrosão em metais; Alteração de coloração em determinados pigmentos suscetíveis, como o branco de chumbo, amarelo de chumbo, amarelo de cromo, verdigris, laranja de cromo, verde-esmeralda e vermelho de cromo; Descoloração, fragilização e acidificação do papel; Manchas e escurecimento em materiais fotográficos; Esmacimento de corantes; Degradação de materiais em pedra como o mármore, calcário, dolomita e outros minerais carbonatados ou materiais calcários tais como conchas, argilas e azulejos; Redução da resistência à tração nos têxteis; Fragilização do couro e pergaminho tornando sua superfície pulverulenta.

Fonte: Adaptado de Grzywacz (2006), Hatchfield (2002), Tétreault (2021) e British Standards Institute (2012)

Ozônio

O ozônio (O₃) é um poluente secundário, sem fonte emissora direta, que se forma na troposfera por meio de reações fotoquímicas complexas, nas quais a radiação solar interage com outros gases poluentes, como NO_x e COVs. É um oxidante extremamente poderoso e por isso, muito reativo, que tende a danificar os materiais orgânicos que fazem parte de um acervo. Segundo o relatório de 2018 da European Environment Agency, a emissão dos gases precursores (NO_x e COVs) foi reduzida em cerca de 40% entre 2000 e 2016 nos Estados-Membros da UE, mas os índices de O₃ ainda se encontram acima dos valores-limite recomendados pela OMS (100µg/m³) (Tabela 7).

Tabela 7: Ozônio: fontes e danos

Poluente	Ozônio
Fontes	Poluente secundário gerado pela reação de óxidos de nitrogênio ou de COVs não metanos na presença de forte radiação solar; Precipitadores eletrostáticos no sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC), purificadores de ar eletrônicos (geradores de ozono), eletrocutores de insetos, impressoras a laser, fotocopiadoras, fontes de luz UV e fumaça fotoquímica (smog).
Danos	Corrosão de metais, esmaecimento de corantes orgânicos, impressões digitais e pigmentos; Fissuras em borrachas e plásticos, fragilização e amarelecimento do papel, fragilização de tecidos, danos em materiais fotográficos.

Fonte: Adaptado de Grzywacz (2006), Hatchfield (2002), Tétreault (2003, 2021) e Brimblecombe (1990)

Material Particulado

Normalmente são divididos em dois grupos, de acordo com seu tamanho. As partículas finas ($PM_{2.5}$) que possuem um diâmetro aerodinâmico igual ou menor a $2.5 \mu m$ e as partículas grossas (PM_{10}) que possuem um diâmetro aerodinâmico entre 2.5 e $10 \mu m$. Partículas provenientes de materiais de construção, como o concreto podem acelerar a deterioração de materiais que compõem objetos de museus. Uma vez depositado na superfície, partículas de compostos químicos, com frequência ácida por natureza, possui o potencial de reagir com os materiais dos objetos. Partículas grandes são abrasivas e podem arranhar metais polidos ou vernizes. Também podem danificar materiais orgânicos, como papéis e têxteis por abrasão mecânica (Hatchfield, 2004) (Tabela 8).

Tabela 8: Material particulado: fontes e danos

Poluente	PM _{2,5} e PM ₁₀
Fontes	<p>Circulação de pessoas, através do transporte de partículas por meio de sapatos, roupas e descamação da pele;</p> <p>Produto de combustão proveniente de indústrias, veículos motorizados, velas acesas, incêndios e combustão de carvão;</p> <p>Reações atmosféricas;</p> <p>Agricultura, pólen de plantas e outras fontes naturais;</p> <p>Construção e renovação de espaços, carpetes, betão, gesso;</p> <p>Sistemas de aquecimento;</p> <p>Impressoras a laser,</p> <p>Compostos orgânicos e biológicos provenientes de microorganismos, degradação de materiais e objetos, pelos de animais;</p> <p>Sais de amônio provenientes da reação do amoníaco com o dióxido de enxofre ou o dióxido de nitrogênio em ambientes interiores e exteriores ou em superfícies sólidas;</p> <p>Compostos de cloreto: aerossol de sal marinho e de combustão fóssil;</p>
Danos	<p>Abrasão de superfícies, acúmulo de sujeira e conseqüente alteração da aparência do objeto;</p> <p>Reação de partículas ácidas e alcalinas em certos materiais;</p> <p>Corrosão no cobre, prata, níquel e zinco;</p> <p>Manchas em pinturas envernizadas e móveis com resinas naturais e em ebonite, além de depósitos brancos na superfície dos objetos causados por sais de amônio;</p> <p>Elevação da taxa de corrosão em metais por compostos de cloreto;</p> <p>Descoloração das superfícies porosas (pintura, fresco, esculturas, livros e têxteis) causada pela fuligem;</p> <p>Diminuição do grau de polimerização da celulose.</p>

Fonte: Adaptado de Hatchfield (2002) e Tétréault (2021)

Valores-limite

A OMS fornece diretrizes mundiais sobre os valores-limite de poluentes visando a saúde humana. Desde 1987 que essa organização publica periodicamente diretrizes mundiais e regionais sobre a qualidade do ar. Essas diretrizes têm o objetivo de orientar os países/regiões a estabelecerem suas próprias metas para a redução dos poluentes no ar e melhorar a saúde da população. Essas diretrizes foram traçadas em 2005 e atualizadas em 2021, com metas provisórias e metas finais a serem cumpridas (World Health Organization, 2021).

Para a qualidade do ar interior em acervos, existem valores estipulados na publicação referência da ASHRAE (*The American Society of*

Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (Ashrae, 2015) onde o capítulo 23 é dedicado aos MBA. Esses valores são adaptados da publicação do *Getty Conservation Institute* (Grzywacz, 2006) onde constam os principais poluentes e seus valores-limite. Importante observar que as concentrações estão estipuladas em ppb (partes por bilhão) e são diferenciadas de um mesmo composto para os materiais suscetíveis, acervo em geral, concentrações consideradas elevadas e extremamente elevadas.

Além destas referências, também constam na ASHRAE os valores recomendados pelo Canadian Conservation Institute (CCI) que se baseia em conceitos prévios utilizados em farmacologia e toxicologia (Tabela 9). A abordagem foi escolhida para determinar a relação entre dose-resposta da concentração dos poluentes no ar e o efeito nos objetos. O LOAED é a dose cumulativa, ou seja, a concentração mais baixa até que um dano seja observado em função do tempo. O LOAED é o resultado do LOAEL (menor dose onde se observa um efeito adverso) x tempo. De um modo geral, o LOAED de uma coleção de múltiplos materiais (com exceção daqueles já reconhecidos como suscetíveis a determinados poluentes) é calculado assumindo uma UR média entre 50% e 60% e temperatura entre 20°C e 30°C. Considera-se materiais suscetíveis o chumbo, prata, borracha natural vulcanizada, poliuretano, acetato de celulose, nitrato de celulose, alguns corantes (curcumina, alizarina crimson), objetos de difícil limpeza e objetos contaminados por sais (Tétreault, 2008).

Tabela 9: Valores-limite de poluentes-chave baseados no LOAED da maioria dos materiais, excluindo exceções

Poluente	Concentração máxima permitida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	1 ano	10 anos	100 anos
Ácido acético	1000	100	100*
Dióxido de nitrogênio	10	1	0,1
Dióxido de enxofre	10	1	0,1
Sulfureto de hidrogênio	1	0,1	0,01
Ozônio	10	1	0,1
Material particulado ($\text{PM}_{2,5}$)	10	1	0,1
Vapor de água	inferior a 60% UR		

Fonte: *Como o chumbo, o material mais sensível ao ácido acético, possui NOAEL de $400\mu\text{g}/\text{m}^3$, o limite para o ácido acético foi preventivamente estabelecido em $100\mu\text{g}/\text{m}^3$. Adaptado de Tétreault (2003, 2020)

Mitigação: estratégias e metodologias

Como estratégia de controle, Tétrault (2021b) sugere como medidas para prevenir os efeitos adversos de poluentes no ar: evitar, bloquear e diluir/filtrar/adsorver.

Evitar as fontes internas sempre que possível: Controlar o número de visitantes nos espaços expositivos, pois exposições com muitos visitantes e ventilação inadequada, elevam o nível de poluentes como a amônia, o sulfeto de hidrogênio, sujidades, e ainda pode elevar a quantidade de vapor de água e os níveis de temperatura no ambiente.

Evitar produtos que possam ser fontes de poluentes: por exemplo, tintas alquídicas ou à óleo e vernizes, carpetes de lã, produtos de madeira sem camadas de revestimento, assim como seus sub-produtos com cola de ureia-formaldeído. Lembrar que os cheiros são quase sempre um sinal de que algo não vai bem.

Bloquear a infiltração dos poluentes no edifício muitas vezes pode ser feito através de filtros no sistema de ar-condicionado. Os sistemas de ar-condicionado normalmente possuem filtros de partículas. É importante saber se há também filtros para gases, se filtram só o ar externo ou também o ar de retorno. Algumas instituições só possuem ventilação natural. Alguns meios podem ser encontrados para bloquear, diluir ou filtrar o ar, se não no edifício todo, em invólucros ou vitrines construídas para os materiais mais susceptíveis.

Reduzir reações: Controlar os níveis de UR e temperatura, radiação visível, UV e infravermelha, são fatores importantes na redução de reações químicas no ambiente.

Reduzir o tempo de exposição: Expor os objetos o mínimo possível aos poluentes. No restante do tempo o objeto deverá ser acondicionado em local livre de poluentes danosos.

Diluir/filtrar/adsorver: Quando a estratégia de evitar e bloquear os poluentes não for possível, deve-se procurar alternativas para diluir, filtrar ou adsorver os poluentes. A diluição pode ser feita com o aumento da taxa de circulação do ar. A alternativa de utilização de uma vitrine vedada, contribui para evitar a entrada de poluentes no espaço, mas só será aconselhado se não houver poluentes em seu interior, provenientes dos materiais de construção da vitrine ou mesmo das próprias obras. A

remoção de poluentes de dentro das vitrines pode ser feita com o auxílio de adsorvedores.

Adsorção

A adsorção é um processo que envolve um ou mais poluentes gasosos e se desenvolve pela aderência dos mesmos na superfície de um sólido. As moléculas de gás removidas denominam-se adsorbato, e o sólido que o retém é chamado de adsorvente.

No presente contexto expomos alguns adsorventes, que são materiais porosos, responsáveis por reter os gases poluentes.

Carvão ativado

O carvão ativado talvez seja dos adsorventes mais conhecidos. É produzido através do tratamento da madeira, vegetais, casca de côco ou carvão, por meio de combustão controlada para remover substâncias voláteis. É um material de alta porosidade e uma grande superfície específica interna, por isso, sua característica de adsorção rápida das moléculas. Quando seus poros ficam cheios, perde seu potencial de adsorção, mas pode ser reativado regularmente por aquecimento a 650 °C. Existem vários tipos de carvão ativado disponíveis no mercado e em vários formatos. É considerado um adsorvente muito eficiente na adsorção de ácidos orgânicos, como o ácido acético e ácido fórmico, mas também para outros gases como os óxidos de nitrogênio (poluentes da degradação do nitrato da celulose), cloro, tolueno, formaldeído e alfa-pineno (Muller; Corel; Van Dijke, 2008; Grøntoft; Lankester; Thickett, 2015). Costuma ser utilizado em filtros moleculares em sistemas de ar-condicionado, mas também é eficiente no interior de vitrines, para a adsorção de gases voláteis.

Zeólito

São aluminossilicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalino-terrosos, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas (Luna; Schuchardt, 2001). Podem ser naturais ou sintéticos e possuem uma estrutura microporosa que permite que as moléculas sejam filtradas de acordo com o seu tamanho. Também podem ser regenerados com uma temperatura superior a 300°C. Existem cerca de 200 tipos de zeólitos diferentes. Muitos deles são polares e adsorvem umidade, sendo muitas vezes usados como dessecantes. Em um estudo, os zeólitos NaX mostraram ser eficientes na redução de ácido acético no interior de vitri-

nes com objetos de chumbo (Canosa, 2019). Em outro estudo com zeólitos tipo 4A, Shashoua (2014) alertou que apesar de serem eficazes na redução do ácido acético no interior de vitrines com acetato de celulose, eles simultaneamente capturam plastificantes voláteis, elevando o risco de contração e deterioração do polímero.

Sílica gel

A sílica gel é um tipo amorfo de dióxido de silício que apresenta estrutura muito porosa. É um material dessecante e tradicionalmente conhecido nos MBA pelo seu elevado potencial de desumidificação. Investidores (Twumasi, 2011; Ncube & Su, 2012; Zhu & Shen & Luo, 2020) vêm explorando o potencial de materiais de sílica na adsorção de COVs, devido à sua característica porosa, mas são diferentes das sílicas comercialmente encontradas. Conhecidos como peneiras moleculares mesoporosas, os materiais de sílica MCM-41 (dióxido de enxofre) e MCM-48 (dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio) vêm sendo usados como adsorvedores de gases voláteis (Schwanke; Pergher, 2012). Possuem a vantagem de poderem ser regenerados a temperatura de 60 °C.

Monitorização e medição

A monitorização ou medição de gases poluentes em ambientes de acervo, é considerada uma importante estratégia para a conservação preventiva. Sem dados prévios que qualifiquem ou quantifiquem os poluentes em ambientes interiores, os próprios objetos do acervo irão (infortunadamente) funcionar como dosímetros.

Existem métodos passivos e ativos. Os métodos ativos costumam ser mais onerosos e, em geral, requerem uma bomba para aspirar o ar para dentro de um determinado dispositivo. Costumam ter uma dimensão maior que os dispositivos passivos, desfavorecendo seu uso em MBA. Os dispositivos de amostragem passiva tendem a ter características mais favoráveis para o uso em ambientes com acervo, como a funcionalidade, dimensão, melhor custo e disponibilidade comercial.

Ainda que a monitorização seja vista como uma prática dispendiosa, além de envolver conhecimento específico e muitas vezes necessitar de suporte laboratorial e profissionais especializados, alguns dosímetros foram desenvolvidos de forma a fornecer uma resposta rápida e visual, sem necessitar de apoio científico. Apesar de não serem capazes muitas vezes de identificar ou qualificar o composto, são sinalizadores de

que algo não vai bem e daí serem um ponto de partida para maiores investigações.

A-D strips

As A-D strips (Acid-Detector) são fitas que detectam a acidez. Foram desenvolvidos pelo *Image Permanence Institute, Rochester*, com o objetivo de detectar e medir a severidade da “síndrome do vinagre” em filmes de acetato de celulose. São utilizadas como indicadores de degradação ativa de objetos de acetato de celulose (Townsend; Hackney; Kearney, 2021) ou como uma opção econômica para monitorizar poluentes ácidos no interior de museus ou reservas técnicas (Hackney, 2016). O reagente ativo das tiras é o indicador ácido-base verde de bromocresol que muda de azul ($\text{pH} > 5.4$) a verde ($5.4 \leq \text{pH} \leq 3.8$) e, por fim, a amarelo ($\text{pH} < 3.8$). Este indicador fornece informação aproximada sobre o pH, em particular em meio ácido, sem que seja possível identificar o próprio ácido. Por ser sensível à luz, as A-D Strips devem ser expostas em local escuro. Constituem uma forma de avaliação barata, rápida (mínimo de 24h) e fácil de usar.

Hackney (2016), conservador aposentado da *Tate Britain*, defende o uso das A-D strips como uma ferramenta valiosa para a detecção de poluentes voláteis ácidos em ambientes de acervo. Ele justifica que as A-D strips podem identificar a presença de gases voláteis ácidos, que as indicações de concentrações dos vapores ácidos podem ser gravadas e salvas (espectrofotômetro de refletância manual, Minolta), que é possível explorar as condições em locais fechados como caixas ou vitrines e que adicionalmente ainda auxilia na identificação de possíveis fontes de poluentes.

Oddy Test

O *Oddy Test*, é um teste de corrosão acelerada introduzido em 1970 pelo *British Museum* (Oddy, 1975). É uma ferramenta valiosa para a comunidade museológica por ser pouco oneroso, de fácil utilização e de leitura direta, através de uma avaliação visual. A desvantagem diz respeito ao tempo necessário para a obtenção dos resultados, que é de aproximadamente um mês. As placas de metal são introduzidas num recipiente de vidro selado juntamente com uma amostra do material a ser testado e mantidos com umidade relativa elevada, entre 95% e 100%, e temperatura de aproximadamente 60°C, durante 28 dias. Atualmente, algumas instituições desenvolveram os seus próprios protocolos de preparação do

Oddy Test com algumas variantes, como a dimensão e o modo de preparação das placas de metal, o tamanho e peso das amostras, a existência ou não de contato direto dos metais com as amostras, a forma de interpretar os resultados, entre outras (“*Oddy Test Protocols*”).

Algumas instituições disponibilizam em uma base de dados (“*Oddy Test: materials databases*”, 2013) os resultados dos testes executados, mas vale lembrar que, por vezes, um material com o mesmo nome em um determinado país, pode não ter as mesmas características de um material com o mesmo nome no seu país. Exemplo disso é o MDF (*medium density fiberboard*), que tem em sua composição teores diversos de formaldeído e que cumpre a legislação do país em que foi produzido.

Cupons de metal

Os cupons de metal, normalmente de cobre, chumbo e prata, são utilizados como dosímetros. Os metais são expostos no ambiente onde se deseja avaliar por tempo previamente estabelecido. As alterações na superfície dos cupons podem ser analisadas visualmente ou através de técnicas analíticas como a microscopia eletrônica de varredura (SEM), a difração de raios-X (XRD), a espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS), a espectroscopia Raman ou mesmo a medição de cor ou a medição de ganho de peso (Costa, 2003).

Apesar de não ser um teste qualitativo, pode-se ter uma ideia do tipo de poluente no ambiente, a considerar que o cobre é suscetível ao ataque químico por sulfetos, ácidos orgânicos, cloretos e formaldeído, o chumbo é vulnerável aos ácidos voláteis, como o ácido fórmico ou o ácido acético, e a prata reage com baixas concentrações de sulfeto de hidrogênio, sulfeto de carbonilo (COS) e cloreto de hidrogênio. Além disso, outros metais também possuem reatividades específicas e podem ser usados em ações complementares para monitoração.

CCC (*Corrosion Classification Coupons*)

Ainda baseado no princípio dos metais como sensores, a empresa Purafil® desenvolveu o CCC (*Corrosion Classification Coupons*) que possui superfícies metálicas muito finas como sensores, uma de cobre e uma de prata e as análises são realizadas nos laboratórios da própria empresa. As placas são expostas durante 30 dias e a classificação é estabelecida de acordo com a espessura do metal, medida em Angstroms (1 angstroms = 10^{-10} metros ou 0.1 nanômetros).

UMEx100 SKC

O UMEx 100 é um amostrador passivo para o formaldeído. É capaz de registrar um mínimo de $0.0002\text{mg}/\text{m}^3$ (0.2ppb) em uma exposição de 7 dias. Possui tamanho reduzido de (8.6 x 2.8 x 0.89)cm, o que facilita sua medição em áreas expositivas. Seu formato foi desenvolvido para avaliar a exposição de um funcionário ao formaldeído em seu local de trabalho.

Tubo adsorvente Tenax TA

É um tubo adsorvente para medição de um vasto grupo de compostos orgânicos voláteis com enchimento do adsorvedor Tenax TA. O Tenax® TA é um polímero macroporoso semicristalino com baixa polaridade capaz de capturar COVs em baixas concentrações. O tempo de exposição do dispositivo recomendado pelo fabricante é de uma semana. Por segurança, é ideal que dois dispositivos sejam colocados ao mesmo tempo no mesmo local além do branco, evitando assim, perda de dados. No final, a vedação é recolocada e o dispositivo é enviado para um laboratório para que as análises sejam realizadas. Os COVs são analisados por cromatografia gasosa e a qualificação e quantificação são realizadas com o auxílio de um detetor seletivo de massa (López-aparicio *et al.*, 2010; Schieweck, 2020).

Microextração em Fase Sólida

A Microextração em Fase Sólida (SPME) acoplada à detecção por cromatografia gasosa seguida pela espectrometria de massa (GC/MS) é uma técnica analítica que permite a detecção e quantificação de uma ampla variedade de COVs. O dispositivo de SPME inclui uma agulha em cuja ponta é posicionada uma fibra coberta com um polímero ou um sólido adsorvente que extrai os analitos voláteis da amostra recolhida por absorção ou adsorção e que é depois introduzida no GC/MS para dessorção a temperatura elevada e análise (Curran *et al.*, 2015). Esta técnica normalmente é utilizada com uma amostra em um vial mas tem sido utilizada na análise qualitativa e quantitativa de COVs em microclimas de museus com resultados bastante satisfatórios, apresentando grande facilidade de execução do ponto de vista laboratorial. Alguns estudos recentes (Tsukada & Rizzo & Granzotto, 2012; Maines, 2015) mostraram a eficácia do método em substituição do *Oddy Test* ao analisar materiais selecionados para serem usados em exposições e reservas. Os materiais em estudo são

inseridos em frascos fechados, e a amostra extraída por SPME é posteriormente analisada por GC/MS. Fibras de carboxen/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS) (Glastrup; Ryhl-Svendsen, 2001) e de divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS) (Curran *et al.*, 2018) para SPME mostraram ser adequadas para análises de ácido acético e ácido fórmico e de compostos voláteis provenientes da degradação de polímeros em museus, respectivamente. Um artigo de Lorraine Gibson *et al.* (2012) com experimentos realizados em 8 bibliotecas nacionais britânicas e arquivos, mostrou que a técnica de SPME pode ser uma ferramenta para a detecção da degradação da celulose através da identificação de elevadas concentrações de determinados COVs (ácido acético, furfural, etiltolueno, trimetilbenzeno, decano e cânfora) ou a vanilina e o benzaldeído que tem conexão com a degradação da lignina. Num outro experimento desenvolvido por Cecília Bembibre e Matija Strlic (2017), realizado na biblioteca da Catedral de St. Paul em Londres, é abordada a conexão entre o cheiro do patrimônio com os COVs detectados pela técnica do SPME.

Data logger de partículas

Uma alternativa para a medição de partículas no ar, é o data logger de partículas Dusttrak®. O equipamento permite medir tanto a massa quanto a fração de tamanho, ao mesmo tempo, e fornece uma amostra gravimétrica. Pode ser operado por bateria ou ligado à rede elétrica, mas a sua bateria é muito restrita e não chega a alcançar 24 horas. É um equipamento robusto e em alguns casos pode ser alugado, não precisa ser comprado. Pode fornecer dados significativos como por exemplo, horários de maior incidência de partículas.

Rede Temática sobre a Qualidade do Ar Interior em Museus, Bibliotecas e Arquivos, QAI-MBA

Durante a investigação de doutoramento, foi observada uma carência na literatura cujo tema sobre poluentes voláteis em microclimas de MBA fosse abordado de forma ampla e completa, nomeadamente, em publicações na língua portuguesa e/ou materiais publicados por brasileiros e portugueses, em comparação com um número significativo e relevante de publicações provenientes de locais como o Reino Unido (Green; Thickett, 1995; Brimblecombe *et al.*, 1999; Odlyha *et al.*, 2012; Hackney, 2016; Thickett & Allen, 2018), Canadá (Tétreault, 1993, 1999, 2021a; Michalski, 2007), Dinamarca (Ryhl-Svendsen, 2001), Estados Unidos (Grzywacz, 2006; Grzywacz & Maybee & Tétreault, 2011), Noruega

(Dahlin *et al.*, 2010), Alemanha (Schieweck, 2009), etc. Adicionalmente, através de visitas técnicas (Museu Calouste Gulbenkian e Museu Fundação de Serralves) e estudo de casos realizados em museus portugueses (Museu Coleção Berardo, Museu Nacional Soares dos Reis), além do conhecimento prévio da realidade dos museus brasileiros (Barbosa & Moreira, 2012; Moreira *et al.*, 2014) em 19 anos trabalhando no MASP e interagindo com outras instituições brasileiras, adicionados aos resultados dos inquéritos distribuídos no início do programa de investigação, indicaram uma escassez de informação sobre o tema de poluentes voláteis em instituições luso-brasileiras que abrigam acervos em seus edifícios. A criação da rede temática luso-brasileira sobre a Qualidade do Ar Interior em Museus, Bibliotecas e Arquivos (QAI-MBA) nasceu com o objetivo principal de compartilhar o conhecimento entre os investigadores e os profissionais de MBA, mas também de criar vínculos, promover debates, estimular patrocínios em projetos luso-brasileiros, incentivar publicações na língua portuguesa e formar uma rede de conhecimento e suporte.

A rede foi fundada em julho de 2021 e até julho de 2022 foram realizados 12 *webinars*, além de contar com o apoio de 18 parceiros institucionais, 18 membros individuais e um público total de 344 participantes nos webinars ao longo de um ano. Além disso, a rede temática QAI-MBA conta com o apoio do ICOM-PT e ICOM-BR, IBRAM, ApoyOnline, ABER, entre outros museus e bibliotecas luso-brasileiros.

Considerações

É de importância destacar a complexidade que envolve a investigação sobre a QAI em MBA. Os procedimentos metodologias utilizados para a medição e monitorização dos poluentes voláteis no interior dos museus, ainda são complexos e onerosos, apesar dos esforços de alguns investigadores e cientistas em desenvolver sistemas e metodologias simplificados que sejam acessíveis às instituições que abrigam acervos. Além disso, muitos são os fatores que devem ser considerados na gestão de riscos em relação à QAI, a incluir a sinergia com o espaço. A realização de uma monitorização sistemática de poluentes, ainda parece ser uma realidade pouco usual no interior dos edifícios e demanda de uma longa trajetória a percorrer.

A gestão de riscos, no que se refere aos poluentes gasosos em ambientes que abrigam acervos, demanda do conhecimento à participação de equipes multidisciplinares, e é de grande importância que o tema

seja abordado nas instituições com a devida prioridade.

Referências

ALDAG, N.; GUNSCHERA, J.; SALTHAMMER, T. Release and absorption of formaldehyde by textiles. *Cellulose*, v. 24, n. 10, p. 4509–4518, 2017.

ANDROULIDAKIS, C. et al. Multi-functional 2D hybrid aerogels for gas absorption applications. *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 13548, 30 jun. 2021.

ASHRAE. Museums, galleries, archives, and libraries. Em: GRZYWACZ, C. M.; MAYBEE, P.; TÉTREAU, J. (Ed.). *ASHRAE Handbook-HVAC Applications*. SI Edition ed. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC., 2011. p. 1109.

ASHRAE. Museums, Galleries, Archives, and Libraries. Em: *ASHRAE Handbook - Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications*. Inch-Pound ed. Atlanta: ASHRAE, 2015. p. 23.1-23.22.

BARBOSA, K.; MOREIRA, A. R. Investigação sobre gases poluentes em ambientes museológicos. Em: The International Seminar on Conservation of Modern Bronzes., São Paulo. *Anais...* São Paulo: MAC - USP, 2012. Disponível em: <http://www.mac.usp.br/mac/conteudo/academico/publicacoes/boletins/escultura/index_eng.html>.

BEMBIBRE, C.; STRLIČ, M. Smell of heritage: A framework for the identification, analysis and archival of historic odours. *Heritage Science*, v. 5, n. 1, p. 2–11, 2017. Disponível em: <<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40494-016-0114-1.pdf>>.

BERGSTEN, C. J. et al. Sensor system for detection of harmful environments for pipe organs (SENSORGAN). *E-Preservation Science*, v. 7, p. 116–125, 2010. Disponível em: <<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2010/Bergsten-09-08-2010.pdf>>.

BLADES, N. Measuring pollution in the museum environment Results of pollution analysis at the V & A. *Conservation Journal - Victoria and Albert Museum*, n. 14, p. 11–14, 1995.

BLADES, N.; KRUPPA, D.; CASSAR, May. Development of a Web-based software tool for predicting the occurrence and effect of air pollutants inside

museum buildings. *13th triennial meeting of ICOM-CC*, p. 9–14, 2002. Disponível em: <<http://discovery.ucl.ac.uk/4603/1/4603.pdf>>.

BRIMBLECOMBE, P. The composition of museum atmospheres. *Atmospheric Environment*, v. 24B, n. No. 1, p. 1–8, 1990.

BRIMBLECOMBE, P. et al. The indoor environment of a modern museum building, the sainsbury centre for visual arts, Norwich, UK. *Indoor Air*, v. 9, n. 3, p. 146–164, 1999.

BRITISH STANDARDS INSTITUTE. *Specification for managing environmental conditions for cultural collections PAS 198:2012* London British Standards Institute, 2012.

CANOSA, E. *Adsorbents for Pollution Reduction in Cultural Heritage Collections*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.raa.se>.

COSTA, V. Museum's air quality in a tropical climate: evaluation by using metallic coupons. (M. Ryhl-Svendsen, Ed.) Em: 5th Indoor Air Pollution Working Group Meeting, November, Norwich. *Anais...* Norwich: University of East Anglia, School of Environmental Sciences, abr. 2003. Disponível em: <http://iaq.dk/iap/iaq2003/2003_13.htm>. Acesso em: 29 maio. 2022.

CURRAN, K. et al. The development of a SPME-GC/MS method for the analysis of VOC emissions from historic plastic and rubber materials. *Microchemical Journal*, v. 124, p. 909–918, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2015.08.027>>.

CURRAN, K. et al. Classifying Degraded Modern Polymeric Museum Artefacts by Their Smell. *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 57, n. 25, p. 7336–7340, 2018.

DAHLIN, E. et al. MASTER Final Report, *EVK4-CT-2002-00093: Preventive Conservation Strategies for Protection of Organic Objects in Museums, Historic Buildings and Archives*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.nilu.no/master.no>.

DAHLIN, E. *PROPAIN-Improved Protection of Paintings during Exhibition, Storage and Transit: Final Activity Report* Norwegian Institute for Air Re-

search-EU FP6 Supported Research Project: SSPI-044254, 2010.

DE LAET, N. *et al.* Investigation of pigment degradation due to acetic acid vapours: Raman spectroscopic analysis. *European Journal of Mineralogy*, v. 25, n. 5, p. 855–862, 2013. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=0935=1221-&volume25=&issue-5&spage=855>>.

EL MASRI, I. *et al.* Development of a RFID sensitive tag dedicated to the monitoring of the environmental corrosiveness for indoor applications. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 322, n. July, 2020.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Air Pollution*. November. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/themes/air>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

GAWADE, D. R. *et al.* A Battery-Less NFC Sensor Transponder for Museum Artefact Monitoring-A Review of NFC Sensor Technology and a Proposed Solution. Em: SENSORCOMM 2019: The Thirteenth International Conference on Sensor Technologies and Applications, November, *Anais...2019*. Disponível em: <<https://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=sensorco>>.

GIBSON, L. T. *et al.* Measurement of volatile organic compounds emitted in libraries and archives: An inferential indicator of paper decay? *Chemistry Central Journal*, v. 6, n. 1, p. 1, 2012. Disponível em: <Chemistry Central Journal>.

GLASTRUP, J.; RYHL-SVENDSEN, M. Recent improvements in SPME-GC/MS detection of acetic and formic acid in air. Em: IAP 2001, Copenhagen. *Anais... Copenhagen: IAP, 2001*.

GREEN, L. R.; THICKETT, D. Testing Materials for Use in the Storage and Display of Antiquities: A Revised Methodology. *Studies in Conservation*, v. 40, n. 3, p. 145–152, 1995.

GRØNTØFT, T. *et al.* The “Memori System”; measurements, effect assessment and mitigation of pollutant impact on movable cultural assets. - Innovative research for market transfer. Em: 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation, Bolzano. *Anais... Bolzano: 2013*. Disponível em: <www.3encult.eu/en/deliverables/Documents/EWCHP2013_04.pdf>.

GRØNTOFT, T. et al. VOC emissions from canvas and acetic acid deposition to canvas and glass. *e-Preservation science*, v. 11, p. 22–28, 2014.

GRØNTOFT, T.; LANKESTER, P.; THICKETT, D. Reduction of Acidic Pollutant Gases Inside Showcases By the Use of Activated Carbon. *e-Preservation Science*, v. 12, p. 28–37, 2015.

GRZYWACZ, C. M. *Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environments*. Los Angeles: Getty Publications, 2006.

GRZYWACZ, C. M.; MAYBEE, P.; TÉTREAULT, J. Museums, galleries, archives, and libraries. Em: *ASHRAE handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning applications*. SI Edition ed. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC., 2011.

HACKNEY, S. Colour measurement of acid-detector strips for the quantification of volatile organic acids in storage conditions. *Studies in Conservation*, v. 61, n. sup1, p. 55–69, 12 mar. 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00393630.2016.1140935>>.

HATCHFIELD, P. *Pollutants in the museum environment: Practical strategies for problem solving in design, exhibition and storage*. London: Archetype Publications Ltd., 2002.

HATCHFIELD, P. An excerpt from pollutants in the museum environment. Practical strategies for problem solving in design, exhibition and storage. *WAAC Newsletter*, v. 26, n. 2, p. 10–22, 2004. Disponível em: <<https://cool.culturalheritage.org/waac/wn/wn26/wn26-2/wn26-204.pdf>>.

IARC. Chemical Agents and Related Occupations - Formaldehyde. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, v. 100F, p. 401–435, 2012.

LÓPEZ-APARICIO, S. et al. Measurement of organic and inorganic pollutants in microclimate frames for paintings. *e-Preservation Science*, v. 7, n. x, p. 59–70, 2010. Disponível em: <<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/2010/LopezAparicio-16-02-2010.pdf>>.

LUNA, F. J.; SCHUCHARDT, U. Modificação de zeólitas para uso em catálise. *Quimica Nova*, v. 24, n. 6, p. 885–892, 2001.

MAINES, C. A. Implementation of Solid-Phase Microextraction (SPME) for Assessment of Exhibition & Storage Materials Christopher A. Maines. Em: Conservation & Exhibition Planning: Material Testing for Design, Display & Packing, Washington, D.C. *Anais...* Washington, D.C.: Lunder Conservation Center and the Foundation of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, AIC, 2015.

MICHALSKI, S. The Ideal Climate, Risk Management, the ASHRAE Chapter, Proofed Fluctuations, and Toward a Full Risk Analysis Model. Em: Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, Tenerife. *Anais...* Tenerife: The Getty Conservation Institute, 2007.

MOREIRA, A. R. *et al.* Staining of bronze sculptures, determining the causes. Em: European Corrosion Congress, Pisa. *Anais...* Pisa: 2014.

MULLER, C.; COREL, R.; VAN DIJKE, R. Advances and Trends in Air Purification. Em: 8th Indoor Air Quality 2008 Meeting, Viena. *Anais...* Viena: Kunsthistorisches Museum, 2008. Disponível em: <http://iaq.dk/iap/iaq2008/2008_contents.htm>.

NCUBE, M.; SU, Y. The removal of volatile organic compounds from supply air using a desiccant column – A theoretical study. *International Journal of Sustainable Built Environment*, v. 1, n. 2, p. 259–268, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijse.2013.03.003>>.

NEMOSINE. *Innovative packaging solutions for storage and conservation of 20th century cultural heritage of artefacts based on cellulose derivate*. [s.l.: s.n.].

Oddy Test: materials databases. Disponível em: <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy_Test>. Acesso em: 1 ago. 2021.

Oddy Test Protocols. Disponível em: <https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy_Test_Protocols>. Acesso em: 23 maio. 2020.

ODDY, W. A. The corrosion of metals on display. Em: Conservation in archaeology and the applied arts, Stockholm. *Anais...* Stockholm: IIC, 1975.

ODLYHA, M. *et al.* Dosimeters for indoor microclimate monitoring for cultural heritage. *Museum Microclimates*, n. November, p. 73–79, 2007.

Disponível em: <http://natmus.dk/fileadmin/user_upload/natmus/bevaringsafdelingen/billeder/far/Museum_Microclimate/Proceedings/musmic150.pdf>.

ODLYHA, M. *et al.* Memori Project: Evaluation of Damage to Exposed Organic-Based Heritage Materials and Nanoforart: Evaluation of Nanoparticle-Based Conservation Treatment. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, v. 1, n. 1_suppl, p. 319–324, 2012.

PERLES, A. *et al.* CollectionCare: an affordable service for the preventive conservation monitoring of single cultural artefacts during display, storage, handling and transport. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 949, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/346820451_CollectionCare_an_affordable_service_for_the_preventive_conservation_monitoring_of_single_cultural_artefacts_during_display_storage_handling_and_transport>.

PROSEK, T. *et al.* Real-time monitoring of indoor air corrosivity in cultural heritage institutions with metallic electrical resistance sensors. *Studies in Conservation*, v. 58, n. 2, p. 117–128, 2013. Disponível em: <<http://www.maneyonline.com/doi/abs/10.1179/2047058412Y.0000000080>>.

RIOUAL, S. *et al.* Development of low-cost RFID sensors dedicated to air pollution monitoring for preventive conservation. *Heritage Science*, v. 10, n. 1, 1 dez. 2022.

RYHL-SVENDSEN, M. *IAP Copenhagen 2001*. 2001.

SALTHAMMER, T.; MENTESE, S.; MARUTZKY, R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chemical Reviews*, v. 110, n. 4, p. 2536–2572, 2010.

SAUNDERS, D. Pollution and the National Gallery. *National Gallery Technical Bulletin*, v. 21, p. 77–94, 2000. Disponível em: <<https://www.nationalgallery.org.uk/upload/pdf/saunders2000.pdf>>.

SCHIEWECK, A. *Airborne pollutants in museum showcases: Material emissions, influences, impacts on artworks*. 2009. Dresden Academy of Fine Arts, Dresden, 2009. Disponível em: <https://www.hfbk-dresden.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Lehre-Forschung/Studiengaenge/Restauration/Diss/Diss_Schieweck_2009.pdf>.

SCHIEWECK, A. Adsorbent media for the sustainable removal of organic air pollutants from museum display cases. *Heritage Science*, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2020. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=141577982&site=eds-live>>.

SCHWANKE, A. J.; PERGHER, S. B. C. Peneiras moleculares mesoporosas MCM-41: uma perspectiva histórica, o papel de cada reagente na síntese e sua caracterização básica. *Perspectiva, Erechim*, v. 36, p. 113–125, 2012.

SHASHOUA, Y. A safe place: storage strategies for plastics. *Conservation Perspectives GCI Newsletter*, v. 29, n. 1, p. 13–15, 2014.

SMEDEMARK, S. H.; RYHL-SVENDSEN, M.; SCHIEWECK, A. Quantification of formic acid and acetic acid emissions from heritage collections under indoor room conditions. Part I: laboratory and field measurements. *Heritage Science*, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s40494-020-00404-0>>.

TÉTREAULT, J. *Guidelines for Selecting Materials for Exhibit, Storage and Transportation Date: Material Which is Compatible with an Artefact*. p. 1–11, 1993.

TÉTREAULT, J. *Standards for levels of pollutants in museums Part. III AP* -Amsterdam Indoor Air Pollution Work Group, 1999.

TÉTREAULT, J. *Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives: Risk Assessment, Control Strategies and Preservation Management*. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2003.

TÉTREAULT, J. *Agent of Deterioration: Pollutants*. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/pollutants.html>>.

TÉTREAULT, J. *Levels of pollutants in museums and archives*. p. 12–15, 2020.

TÉTREAULT, J. *Control of Pollutants in Museums and Archives*. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2021a.

TÉTREAULT, J. *Control of Pollutants in Museums and Archives. CCI Techni-*

cal Bulletin no. 37, p. 63, jun. 2021b. Disponível em: <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/pollutants-museums-archives.html>>. Acesso em: 6 fev. 2022.

THICKETT, D.; ALLEN, S. Effect of temperature on off-gassing and corrosion. Em: *IAQ - Indoor Air Quality in Heritage and Historic Environments 2018*, Krakow. *Anais...* Krakow: 2018.

THOMSON, G. *The Museum Environment*. Second ed. New York: Routledge, 1986.

TOWNSEND, J. H.; HACKNEY, S.; KEARNEY, M. A critical assessment of A-D Strips® used in degradation studies of artworks made from cellulose acetate. *Studies in Conservation*, v. 0, n. 0, p. 1–9, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00393630.2021.1996091>>.

TSUKADA, M.; RIZZO, A.; GRANZOTTO, C. A New Strategy for Assessing Off-Gassing from Museum Materials: Air Sampling in Oddy Test Vessels. *AIC - American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, v. 37, n. 1, p. 1–28, 2012.

TWUMASI, E. *Molecular Filtration, the Study of Adsorbents*. 2011. University of Gävle, Gävle, 2011.

URING, P.; CHABAS, A.; ALFARO, S. C. Textile ageing due to atmospheric gases and particles in indoor cultural heritage. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 66340–66354, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants* Copenhagen WHO Regional Office for Europe, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. WHO global air quality guidelines*. Geneva WHO, 2021. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

ZAPPI, D. et al. High-tech and nature-made nanocomposites and their applications in the field of sensors and biosensors for gas detection. *Biosen-*

sors, v. 10, n. 11, 2020.

ZHU, L.; SHEN, D.; LUO, K. H. A critical review on VOCs adsorption by different porous materials: Species, mechanisms and modification methods. *Journal of Hazardous Materials*, v. 389, p. 1–60, 2020.

ZULIANI, A. et al. Environmentally friendly ZnO/Castor oil polyurethane composites for the gas-phase adsorption of acetic acid. *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 614, p. 451–459, 15 maio 2022.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS BENS CULTURAIS MÓVEIS E A INFLUÊNCIA DO CLIMA

Renato Pereira de Freitas¹

¹ Possui graduação em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, mestrado e doutorado em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Realizou estágio de pós-doutorado no Laboratório Móvel de Bens Culturais do Instituto de Tecnologia Molecular do Conselho Nacional de Pesquisa da Itália, onde trabalhou em projetos relacionados à análise in situ de obras de arte por meio de macro escaneamento por Fluorescência de Raios X e computação científica de dados. Atualmente, é professor efetivo de Física no ensino técnico e tecnológico do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro e membro do Instituto Nacional de Pesquisa em História Natural, Patrimônio Cultural, Artes, Sustentabilidade e Território. Coordena o Laboratório Móvel do IFRJ, voltado para investigação do patrimônio histórico e cultural, e participa de projetos em colaboração com o Instituto Brasileiro de Museus e o Instituto de Criminalística Carlos Éboli da Polícia Civil. E-mail: renato.freitas@ifrj.edu.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem sido perceptível, no Brasil e exterior, o aumento de pesquisas, que abordam análises por técnicas físico-químicas de artefatos do patrimônio histórico cultural (Calza, 2007; Freitas, 2014; Galante *et al.*, 2018; Ikeoka *et al.*, 2018; Rodriguez *et al.*, 2020; Sanchez *et al.*, 2020). O aumento dessas pesquisas tem sido possível especialmente devido aos avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, que possibilitaram o surgimento de instrumentos portáteis de diferentes técnicas analíticas. A portabilidade permite realizar análises *in situ* e de forma não destrutiva, sendo estes quesitos primordiais, na investigação de artefatos do patrimônio histórico cultural (Brunetti *et al.*, 2016; Miliani *et al.*, 2010; Monico *et al.*, 2020; Vagnini *et al.*, 2017).

O campo de pesquisa que aborda a investigação científica de artefatos do patrimônio histórico cultural é conhecido como arqueometria e possui como característica a multidisciplinaridade de diversas áreas do conhecimento como física, química, engenharia, artes, museologia, etc. (Creagh, DC and Bradley, 2000; Pereira de Freitas, 2021). Os resultados dessa abordagem multidisciplinar de investigação proporcionam dados sobre a composição química, a tecnologia de fabricação, o período histórico, a autenticidade e o estado de conservação destes artefatos (Anjos *et al.*, 2005; Campos *et al.*, 2014; Cesareo *et al.*, 2013; Klockenkämper; Von Bohlen & Moens, 2000; Vanmeert *et al.*, 2018).

Através das análises científicas também é possível monitorar se a materialidade de obras de arte está sofrendo alteração (Miliani *et al.*, 2018; Puglieri *et al.*, 2016). Uma possibilidade é a investigação da degradação dos pigmentos presentes em uma pintura, que ocasiona a mudança da tonalidade visível (Vermeulen *et al.*, 2018). Este fenômeno indesejável ocorre devido a reações químicas entre a matriz do pigmento com agentes externos como umidade, luz e materiais dispersos no ambiente. Entretanto, a compreensão deste fenômeno permite adotar medidas de exposição e conservação eficazes para retardar a degradação. Um exemplo, de como este tipo de estudo auxilia adotar medidas de retardamento, pode ser visto nos trabalhos de Monico *et al.*, (2011a, 2011b, 2013a, 2013b, 2014) que, ao investigar o escurecimento do pigmento amarelo de cromo (PbCrO₄), utilizado por Vincent van Gogh, teve como uma das conclusões que o fenômeno é ocasionado por fotodegradação. Logo para retardar a degradação foi indicado minimizar a exposição de telas do pintor com o

pigmento a luzes com comprimentos de ondas inferiores a 532nm.

Outro exemplo é a investigação da degradação do pigmento amarelo de cádmio (CdS), da famosa tela “O Grito” do pintor norueguês Edvard Munch (Monico *et al.*, 2020). A metodologia de estudo adotada foi caracterização da pintura por diferentes técnicas espectroscópicas *in situ* e por microanálises. Através das análises *in situ* foi possível identificar as regiões degradadas da pintura, de onde foram extraídas microamostras para estudos específicos em laboratório.

Atualmente existem sistemas comerciais consolidados, de diferentes técnicas espectroscópicas portáteis para análises *in situ* e não destrutivas de pinturas, como Fluorescência de Raios X (XRF), Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), Macro mapeamento elementar por XRF (MA-XRF) e câmera hiperespectral. Esses equipamentos, permitem obter, em pouco tempo, um alto volume de dados, sobre a composição de diferentes regiões de uma pintura (Felix *et al.*, 2018; Pimenta *et al.*, 2021).

Apesar dos avanços tecnológicos e metodológicos ocorridos nos últimos anos, que permitem análises *in situ* e não destrutivas de artefatos do patrimônio histórico cultural. A caracterização do ambiente de guarda ou exposição e sua influência na degradação do artefato ainda é um tema que necessita de muitas pesquisas especialmente no Brasil, que possui uma literatura incipiente no assunto. O estudo deste tema é complexo por uma série de motivos entre eles a necessidade de conhecer as características macro dos artefatos e micro dos ambientes, sendo os métodos de investigação em cada caso distintos. Além disso, compreender como a materialidade do artefato reage aos parâmetros do ambiente é um desafio que normalmente requer a reprodução de amostras padrões com as características dos artefatos, que são submetidas a ambientes controlados para simular a degradação do artefato.

Neste capítulo será apresentada inicialmente a experiência do Laboratório Móvel do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), na caracterização *in situ* de artefatos do patrimônio histórico-cultural. A partir de exemplos dos trabalhos do Laboratório Móvel do IFRJ será possível atualizar os leitores sobre os principais métodos que podem ser aplicados na caracterização físico-química *in situ* e não destrutiva de pinturas. Em seguida, será apresentado um outro estudo de caso realizado no mesmo laboratório do IFRJ, onde foi avaliada a influência do ambiente nos artefatos presente nas zonas de guarda da Biblioteca Nacional.

Análises *in situ* do Laboratório Móvel do IFRJ

Atualmente o Instituto Federal do Rio de Janeiro campus Paracambi (IFRJ) possui um Laboratório Móvel² dedicado à investigação de obras de arte. Este laboratório possui convênios com o Instituto Brasileiro de Museus (Ibram) e Fundação Biblioteca Nacional.

Compõe este Laboratório Móvel diferentes instrumentos portáteis, que são levados para realizar análises *in situ* nos museus brasileiros. As Figuras 1 e 2 mostram momentos de análises do Laboratório Móvel no Museu Nacional de Belas Artes e Fundação Biblioteca Nacional.

A Figura 1, a seguir, apresenta imagens do momento de análise do Laboratório Móvel no Museu Nacional de Belas Artes, Rio de Janeiro.

Figura 1: Momento de análise do Laboratório Móvel no Museu Nacional de Belas Artes, Rio de Janeiro



Fonte: Autor

² Para conhecer o projeto do Laboratório Móvel do IFRJ vide algumas reportagens nos links: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/08/13/tecnologia-ajuda-a-desvendar-detalhes-de-obras-centenarias-em-museus-brasileiros.ghtml>
<https://globoplay.globo.com/v/9647962/>

A Figura 2, a seguir, apresenta imagens do momento de análise do Laboratório Móvel na Biblioteca Nacional.

Figura 2: Momento de análise do Laboratório Móvel na Fundação Biblioteca Nacional, Rio de Janeiro



Fonte: Autor

Dentre os instrumentos empregados pelo Laboratório Móvel nas investigações *in situ* a Fluorescência de Raios (XRF) possui uma alta demanda de utilização. Trata-se de uma técnica que permite rapidamente obter dados sobre a composição elementar do ponto investigado. Uma característica que faz a XRF ser um método amplamente empregado

na caracterização de artefatos do patrimônio cultural é sua aplicabilidade e versatilidade na investigação de artefatos de diferentes tipologias (cerâmicos, telas, vítreos, metais, etc.). Associado a esta versatilidade, os avanços tecnológicos, ocorridos na última década, permitiram o surgimento de diferentes sistemas portáteis de XRF, comercializados por empresas, cujo desenvolvimento foca em atender demandas de análises de acervos museológicos. Esses instrumentos comerciais possuem como vantagens interfaces de hardware e software mais simples, permitindo assim que o instrumento possa ser utilizado, após um período de treinamento, por uma comunidade mais ampla, além de profissionais das ciências exatas.

Normalmente a XRF é o primeiro método aplicado nas investigações realizadas pelo Laboratório Móvel, sendo um exemplo de estudo a investigação realizada na pintura “*Passagem de Humaitá*”³, que pertence ao acervo do Museu Histórico Nacional (MHN)/RJ e possui dimensões (268 × 435) cm. Neste estudo realizado por Felix *et al.*, (2021) foram registrados espectros de XRF de 83 pontos da obra de arte, que estão sinalizados na Figura 3.

Figura 3: Pontos onde foram registrados dados de XRF na obra “*Passagem de Humaitá*”

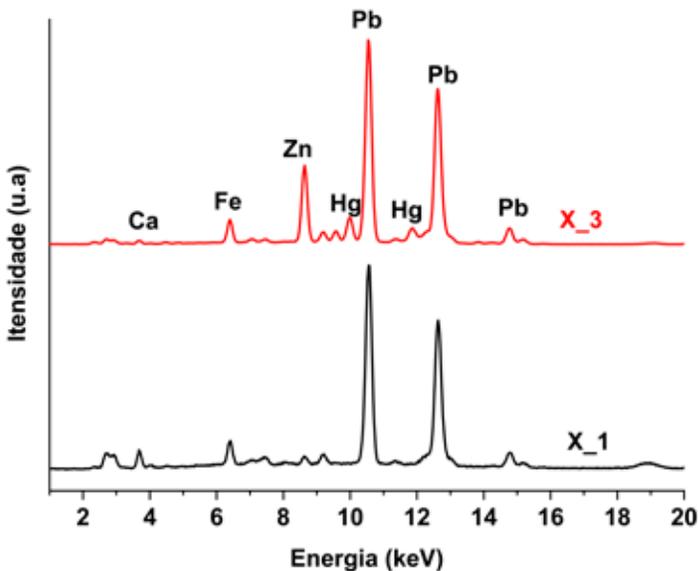


Fonte: Felix *et al.*, (2021)

³ Vide imagem da obra.

A partir dos espectros levantados, foi verificada uma uniformidade na composição elemental levantada em todos os pontos, tendo sido detectados na maioria dos pontos cálcio (Ca), cromo (Cr), ferro (Fe), zinco (Zn), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb). Com a presença dos mesmos elementos, a principal distinção entre as tonalidades dos pontos foi realizada a partir da concentração do pigmento empregado. Essa diferença pode ser vista comparando espectros dos pontos X_1 e X_3 (Figura 4), que apesar de apresentarem os mesmos elementos se distinguem pela intensidade dos picos, o que está associado à concentração do material no ponto. Os elementos Ca, Fe, Zn e Pb podem ser relacionados, respectivamente, aos pigmentos de calcita (CaCO_3), vermelho ocre (Fe_2O_3), branco de zinco (ZnO) e pigmentos à base de chumbo como branco de chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) e/ou amarelo massicote (PbO) (CAMPOS, 2015). A pintura apresenta grande parte com tonalidade vermelha, que pode estar correlacionada aos pigmentos vermelhão (HgS) e vermelho ocre (Fe_2O_3) (FREITAS *et al.*, 2016).

Figura 4: Elementos detectados nos pontos X_1 e X_3, coletados na borda e em uma região distante da borda, respectivamente



Fonte: Felix *et al.*, (2021)

A pintura “Passagem de Humaitá” possui algumas regiões de tonalidade escura, onde é difícil visualmente verificar se é proveniente de pigmentos naturais de tonalidade preta, ou de processos de degrada-

ção. Logo, as análises foram relevantes para verificar que determinadas regiões de tonalidade escura possuem altas concentrações de mercúrio (Hg), o que permite concluir que o pigmento vermelhão (HgS), que foi aplicado na obra, encontra-se em estágio inicial de um processo de degradação. Esse processo é ocasionado por fatores ambientais, como a luz que acarreta fotodegradação. No caso do vermelhão/cinábrio (α -HgS) que possui estrutura cristalina hexagonal, em seu fenômeno de degradação pode ser transformado no polimorfo metacinábrio (β -HgS) com estrutura cristalina cúbica, que possui tonalidade preta (Da Pieve *et al.*, 2013; Radepont, 2013).

Uma recente variante da XRF é a técnica de macro mapeamento elementar por XRF (MA-XRF), trata-se de um método que permite obter imagens da distribuição dos elementos químicos presentes em camadas mais superficiais e subjacentes da pintura, possibilitando a inferência de materiais como pigmentos, cargas e base de preparação (Alfeld; De Vigueirie, 2017; Dik *et al.*, 2008; Legrand *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2021; Van Der Snickt *et al.*, 2018). Apesar de ser uma inovação tecnológica recente, este método tem possibilitado avanços em áreas como ciência da conservação e história da arte, pois as imagens obtidas neste processo permitem melhor visualização e análise dos resultados, quando comparados com espectros de XRF pontuais.

Um recente estudo realizado pelo Laboratório Móvel empregando a técnica de MA-XRF foi a investigação da pintura autorretrato conhecida também como “*Manteau Rouge*” (1923) da artista brasileira Tarsila do Amaral. Esta pintura que pertence ao acervo do Museu Nacional de Belas Artes do Rio de Janeiro possui dimensões de (73 × 60,5)cm.

Nas investigações por MA-XRF da pintura “*Manteau Rouge*”⁴ foram obtidos os mapas elementares do zinco (Zn-K), chumbo (Pb-L), bário (Ba-L), cálcio (Ca-K), cobalto (Co-K), estanho Sn-L, ferro (Fe-K), cádmio (Cd-L) e titânio (Ti-K) que foram construídos em escala de cinza. Nestas imagens mostradas na Figura 5, o preto corresponde ao menor valor de intensidade de um pixel, relacionado à menor área integrada do pico de um elemento químico presente no cubo de dados de MA-XRF5. Por outro

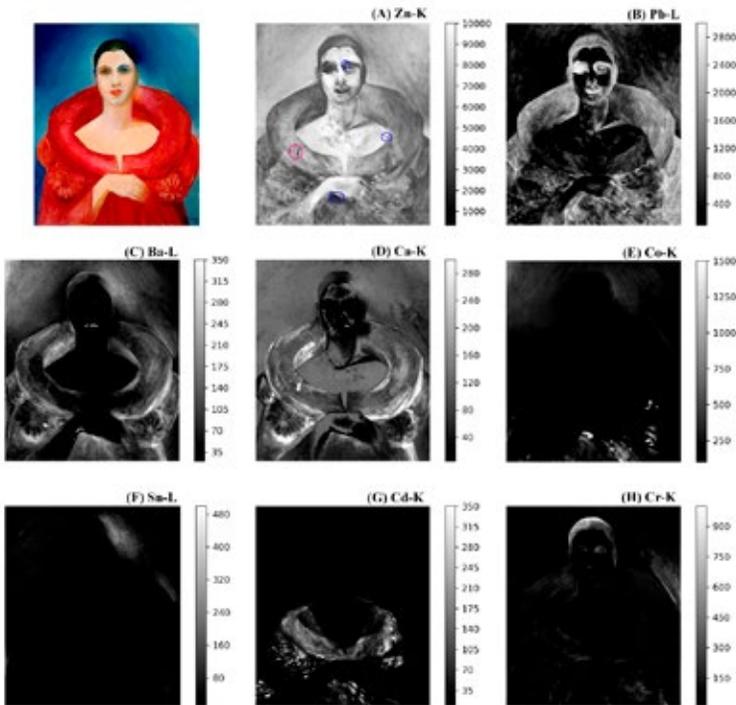
⁴ O estudo completo da investigação dessa pintura e de outras de Tarsila do Amaral pode ser vista no manuscrito “*Probing creation process of paintings from Tarsila do Amaral (1886–1973) by MA-XRF and differential X-ray attenuation*”: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111191>

⁵ Para conhecer mais detalhes teóricos da técnica de MA-XRF indicamos a leitura do trabalho “EXEMPLIFICANDO O USO DO MACRO MAPEAMENTO ELEMENTAR POR XRF (MA-XRF) NA

lado, o maior valor de intensidade de um pixel corresponde ao branco, o que está relacionado à maior área integrada do pico (Freitas *et al.*, 2019; Pimenta *et al.*, 2021).

A Figura 5, a seguir, apresenta imagens de mapas elementares obtidos na investigação da pintura “*Manteau Rouge*”.

Figure 5: mapas elementares obtidos na investigação da pintura “*Manteau Rouge*”



Fonte: Autor

Pelos mapas elementares é possível inferir que a base de preparação tem como elementos chaves Zn e Pb, pois os mapas Zn-K e Pb-L indicam a presença dos elementos em toda obra (Figuras 5A e 5B), sendo possivelmente empregados branco de zinco (ZnO) ou Lito-pone ($\text{BaSO}_4 + \text{ZnS}$) e branco de chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) (Felix *et al.*, 2018; Giorgi *et al.*, 2019; Kajiya *et al.*, 2014). No mapa do Pb-L são vistas transparências no casaco, enquanto no mapa elemental Zn-K é possível

observar pequenas regiões de retoques. Os mapas do Ba-L e Ca-K (Fig. 5C e 5D) mostram esses elementos em praticamente toda a pintura. Destaca-se que carbonatos e/ou sulfatos de cálcio e bário são comumente empregados como carga em tintas modernas. No entanto, estes compostos, assim como o litopone, também podem estar relacionados à uma imprimatura realizada antes da base de preparação (Charles *et al.*, 2022; Łydźba-Kopczyńska *et al.*, 2021; Mendes; Oliveira; Dantas, 2019; Rosi *et al.*, 2009).

Nos mapas do Zn-K, Pb-L, Ba-L e Ca-K, o delineamento e preenchimento do casaco são evidenciados, enquanto as zonas de carnação são predominantes no mapa do Zn-K. Os locais circulados na Figura 5A evidenciam pontos de restauro, sendo nos círculos azuis identificado titânio; e na região circulada de rosa, tanto cálcio quanto titânio.

No mapa do Cd-K (Figura 5G) observa-se uma imagem diferente da que é visualizada na obra final⁶. Uma vestimenta sem a gola volumosa, com um decote mais fechado e com desenhos rajados, o que nos remete a um xale, sendo um possível arrependimento da artista. Nos espectros de fluorescência coletados nas áreas mostradas no mapa do Cd-K são observados os picos Cd-K α 1 (23.173 keV) e Cd-K β 1 (26.093 keV), no entanto o pico mais intenso da linha L (Cd-L α 1 = 3.133 keV) não é visualizado, o que corrobora com a hipótese do emprego de pigmentos à base de cádmio em uma camada subjacente à pintura final.

Os resultados, que indicam o uso do pigmento com cádmio na obra de arte são importantes por apresentar um pigmento, cujo processo de degradação é conhecido. Os pigmentos como o amarelo de cádmio (CdS) é conhecido por sua degradação que é ocasionada em ambientes com humidade do ar superior a 45% e com material particulado a base de cloro. Este fenômeno foi investigado por Monico *et al.*, (2021) na investigação da obra “*O Grito*” de Edvard Munch. Neste estudo o pigmento amarelo de cádmio estava esmaecendo e se tornando esbranquiçado, pois nesta reação de degradação um dos produtos gerados é o sulfato de cádmio (CdSO₄), que possui tonalidade branca. Logo o fato de apresentar um pigmento com potencial risco de degradação, permite aos conservadores dos museus tomarem medidas de exposição com atmosferas controladas, para minimizar as degradações que a obra possa sofrer ao longo do tempo.

⁶ Vide imagem da pintura: <https://artsandculture.google.com/asset/autorretrato-ou-le-manteau-rouge-tarsila-do-amaral/wQFGq00gYTnH-A>

Análises dos efeitos do ambiente em zonas de guarda na Biblioteca Nacional

Em 2017 a Fundação Biblioteca Nacional iniciou um trabalho de verificar as condições climáticas em suas áreas de guarda dos acervos. Uma das zonas verificadas é onde se encontram acervos como raros manuscritos. O objetivo deste trabalho foi levantar os agentes ambientais presentes nestas regiões e em seguida simular os efeitos de degradação desses agentes, em placas de cobre e chumbo.

Para realizar este estudo foi aplicada uma metodologia onde placas de chumbo e cobre foram expostas durante 4 meses, nas regiões dos acervos. Em seguida após esse período de exposição essas placas foram investigadas pelas técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura combinada a Espectroscopia de Energia Dispersiva (MEV-EDS) e Espectroscopia Raman. Essa metodologia foi escolhida por ter sido aplicado com sucesso por Puglieri, (2015), ao investigar os efeitos sinérgicos do ambiente externo em zonas de exposição de artefatos do patrimônio histórico cultural. As Figuras 6 e 7 mostram momentos de preparação das placas de chumbo e cobre e sua exposição, nas áreas de acervo da Biblioteca Nacional.

Figura 6: Preparação dos cupons metálicos de chumbo e cobre para serem expostas nas áreas de acervo

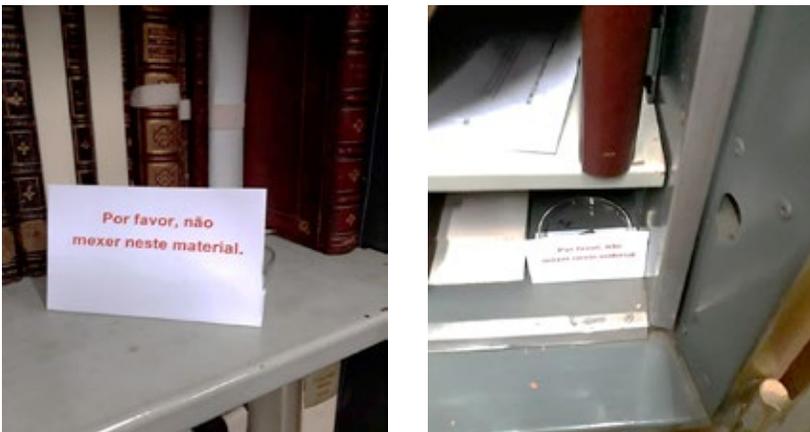


Fonte: Autor

Nas análises por MEV-EDS dos cupons expostos foi detectado carbono (C) e oxigênio (O), que podem ser associados ao monóxido de carbono (CO). Nos cupons também foram detectados cloro (Cl), magnésio (Mg), silício (Si), potássio (K) e cálcio (Ca). Estes elementos além de serem encontrados em sais presentes no mar, também podem estar presentes em minerais presentes em poeira, por exemplo NaCl, (Ca,Mg)CO₃, CaSO₄, SiO₂, etc. (Colbeck, 1995). É importante destacar que o ar tem como composição base o nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), além disso, o ar atmos-

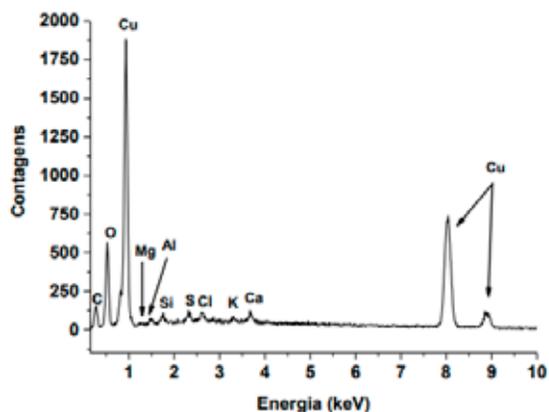
férico possui poluentes, sendo os mais comuns de serem encontrados o dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), ozônio (O_3) e material particulado (PM). A composição do PM depende das atividades, que ocorrem no meio, como produtos de limpeza, proximidades a fontes de emissão de poluentes (indústria, poeira do solo, trânsito, etc.) (Krupińska *et al.*, 2012). A Figura 8 apresenta o espectro de EDS com os elementos detectados em um dos cupons de cobre após a exposição.

Figura 7: Exposição dos cupons nas áreas de acervo



Fonte: Autor

Figura 8: Espectro de EDS do cupom de cobre

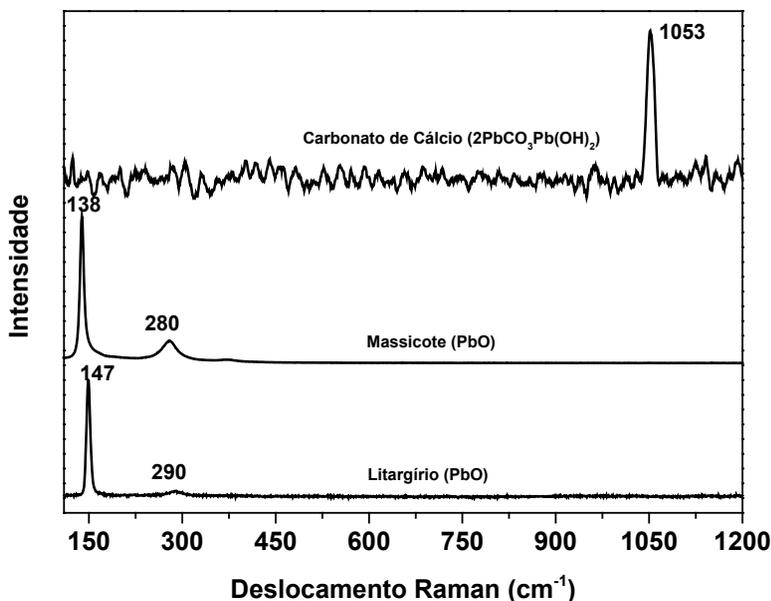


Fonte: Autor

Através das análises por espectroscopia Raman foram detecta-

dos nos cupons de chumbo, óxido nas formas de litargírio (PbO, vermelho) (147 e 290 cm^{-1}) e massicote (PbO, amarelo) (138 e 280 cm^{-1}), essa camada conhecida como patina se forma espontaneamente quando o Pb é exposto à atmosfera, formando um filme que na presença ácidos orgânicos como o ácido acético (CH_3COOH) se converte em carbonato de chumbo ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$). Espectros Raman do carbonato de chumbo (1050 cm^{-1}) foram registrados em alguns cupons, que foram colocados em ambientes onde existe aplicação de produtos de limpeza. Os espectros Raman dos compostos caracterizados são apresentados na Figura 9.

Figura 9: Espectros Raman coletado no cupom de chumbo



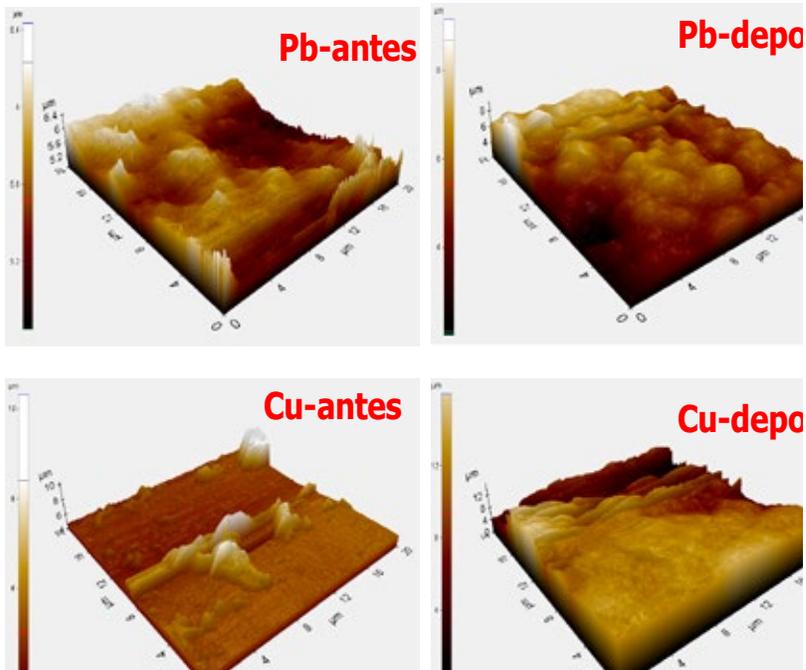
Fonte: Autor

Através desses resultados foi possível verificar que no meio ambiente encontram-se dispersos carbonatos. Ferreira *et al.*, (2014) ao analisarem os poluentes ambientais das zonas de acervo da Biblioteca Nacional encontram como poluentes gasosos NO_x , SO_2 , O_3 , aldeídos e formaldeídos. Para simular os efeitos que esses poluentes possuem nas placas de chumbo e cobre em laboratório foi produzida uma atmosfera de NO_x a partir do ácido nítrico (HNO_3). Os cupons foram colocados dentro de um becker com uma solução aquosa de 10% de ácido nítrico que foi

pulverizada na atmosfera. Após um período de exposição de 24 horas neste ambiente, as placas metálicas foram analisadas por microscopia de força atômica, que permite visualizar a topografia da superfície do material.

Na Figura 10 são apresentadas as imagens de microscopia de força atômica antes e depois da exposição na atmosfera de ácido nítrico. As imagens da topografia mostram claramente que, após a exposição, a superfície dos cupons metálicos sofreu alterações. No caso da placa de cobre é possível verificar que antes existiam poucos vales na superfície e após o ataque o perfil teve uma modificação significativa. Enquanto na placa de chumbo, após a exposição, foram formados padrões circulares de vale, que podem ser associados a formação dos óxidos de chumbo.

Figura 10: Espectros Raman coletados no cupom de chumbo



Fonte: Autor

Através dos resultados, mesmo que em estágio inicial, é possível verificar a modificação da superfície desses materiais submetidos a atmosfera que contém gases como NOx. Destaca-se que muitos materiais históricos como manuscritos possuem pigmentos a base de chumbo e cobre, por isso inclusive foram selecionados esses materiais para o estudo.

Destaca-se que nesse estudo não foi verificada a influência dos parâmetros como umidade e temperatura, mas que podem potencializar essas reações que geram a degradação dos artefatos. Por isso, uma próxima etapa deste trabalho será simular diferentes ambientes pulverizando soluções com variadas condições de umidade e temperatura e com isso, verificar por imagens de microscopia de força atômica a situação da superfície dessas placas metálicas.

Agradecimentos

Agradeço ao setor de conservação e restauração da Biblioteca Nacional pelo apoio na pesquisa; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pelo fomento financeiro via projetos E-26/210.143/2022, E-26/290.036/2021, E-26/290.023/2021, E-26/290.066/2018, E-26/204.040/2021 e E-26/202.672/2018 e ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo apoio financeiro via projeto 422557/2021-8.

Referências

ALFELD, M.; DE VIGUERIE, L. Recent developments in spectroscopic imaging techniques for historical paintings - A review. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, v. 136, p. 81–105, out. 2017.

ANJOS, M. J. *et al.* Investigation of a fossilized calotte from Lagoa Santa, Brazil, by EDXRF. *X-Ray Spectrometry*, v. 34, p. 189–193, 2005.

ANNA LUISA V. FERREIRA, GUILHERME C. BORILLO, TAINARA D. OGAWA, TAILA VEDOVATI, JANDIRA FLAESCHEN, JAYME SPINELLI, RICARDO H. M. GODOI, A. F. L. G. INDOOR AIR QUALITY OF THE BRAZILIAN NATIONAL LIBRARY IN RIO DE JANEIRO, BRAZIL. IGAC conference. *Anais...*2014

BRUNETTI, B. *et al.* *Non-invasive investigations of paintings by portable instrumentation: The MOLAB experience*Topics in Current Chemistry, 2016.

CALZA, C. *Desenvolvimento de sistema portátil de fluorescência de raios x com aplicações em arqueometria.* [s.l.] Programa de Engenharia Nuclear, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

CAMPOS, P. H. O. V. DE. *Caracterização de pinturas da artista Anita Mal-*

fatti por meio de técnicas não destrutivas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1 out. 2015.

CAMPOS, P. H. O. V. et al. X-ray fluorescence and imaging analyses of paintings by the Brazilian artist Oscar Pereira Da Silva. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 95, p. 362–367, 1 fev. 2014.

CESAREO, R. et al. Multilayered artifacts in the pre-Columbian metallurgy from the North of Peru. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 2013.

CHARLES, S. et al. Strontium in barium sulphate as a discriminating factor in the forensic analysis of tool paint by SEM/EDS. *Forensic Science International*, v. 331, p. 111127, fev. 2022.

COLBECK, I. *Particle Emission from Outdoor and Indoor Sources*. In: [s.l.: s.n.]. p. 1–33.

CREAGH, DC AND BRADLEY, D. A. *Radiation in Art and Archeometry*. [s.l.] Elsevier, 2000.

DA PIEVE, F. et al. Casting Light on the Darkening of Colors in Historical Paintings. *Physical Review Letters*, v. 111, n. 20, p. 208302, 15 nov. 2013.

DIK, J. et al. Visualization of a Lost Painting by Vincent van Gogh Using Synchrotron Radiation Based X-ray Fluorescence Elemental Mapping. *Analytical Chemistry*, v. 80, n. 16, p. 6436–6442, ago. 2008.

FELIX, V. et al. Analysis of painting Victor Meirelles' "Passagem de Humaitá" by XRF. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v. 9, n. 1A, p. 1–0, 30 abr. 2021.

FELIX, V. S. et al. Analysis of a European cupboard by XRF, Raman and FT-IR. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 151, p. 198–204, 2018.

FREITAS, R. P. *Aplicações de Técnicas Nucleares e Espectroscopia Molecular em Arqueometria*. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

FREITAS, R. P. et al. Analysis of a Brazilian baroque sculpture using Raman spectroscopy and FT-IR. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 154, p. 67–71, fev. 2016.

FREITAS, R. P. *et al.* Micro-XRF analysis of a Brazilian polychrome sculpture. *Microchemical Journal*, v. 149, p. 104020, set. 2019.

GALANTE, D. *et al.* Aplicação de técnicas de análise síncrotron em arqueologia. *Cadernos do LEPAARQ (UFPEL)*, v. 30, p. 277–289, 2018.

GIORGI, L. *et al.* In-situ technical study of modern paintings - Part 2: Imaging and spectroscopic analysis of zinc white in paintings from 1889 to 1940 by Alessandro Milesi (1856–1945). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 219, p. 504–508, 5 ago. 2019.

IKEOKA, R. A. *et al.* Computed Radiography, PIXE and XRF analysis of pre-colonial pottery from Maranhão, Brazil. *Microchemical Journal*, v. 138, p. 384–389, maio 2018.

KAJIYA, E. A. M. *et al.* Evaluation of the veracity of one work by the artist Di Cavalcanti through non-destructive techniques: XRF, imaging and brush stroke analysis. *Radiation Physics and Chemistry*, 2014.

KLOCKENKÄMPER, R.; VON BOHLEN, A.; MOENS, L. Analysis of pigments and inks on oil paintings and historical manuscripts using total reflection x-ray fluorescence spectrometry. *X-Ray Spectrometry*, v. 29, n. 1, p. 119–129, jan. 2000.

KRUPÍŇSKA, B. *et al.* Assessment of the air quality (NO₂, SO₂, O₃ and particulate matter) in the Plantin-Moretus Museum/Print Room in Antwerp, Belgium, in different seasons of the year. *Microchemical Journal*, v. 102, p. 49–53, maio 2012.

LEGRAND, S. *et al.* Examination of historical paintings by state-of-the-art hyperspectral imaging methods: from scanning infra-red spectroscopy to computed X-ray laminography. *Heritage Science*, v. 2, n. 1, p. 13, 2014.

ŁYDŹBA-KOPCZYŇSKA, B. *et al.* Combining <sc>macro-XRF</sc> , <sc>OCT</sc> , and sampling techniques in the authentication study of the painting attributed to Michael Willmann. *X-Ray Spectrometry*, v. 50, n. 4, p. 384–400, 7 ago. 2021.

MENDES, I. DE C.; OLIVEIRA, J. A. DOS S.; DANTAS, M. S. S. Characterization of 20th century art materials from the Lasar Segall Museum. *Journal of Raman Spectroscopy*, v. 50, n. 2, p. 281–288, 2019.

MILIANI, C. *et al.* In Situ Noninvasive Study of Artworks: The MOLAB Multitechnique Approach. *Accounts of Chemical Research*, v. 43, n. 6, p. 728–738, 15 jun. 2010.

MILIANI, C. *et al.* Recent insights into the photochemistry of artists' pigments and dyes: towards better understanding and prevention of colour change in works of art. *Angewandte Chemie*, v. 130, n. 25, p. 7447–7457, 18 jun. 2018.

MONICO, L. *et al.* Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Synchrotron X-ray Spectromicroscopy and Related Methods. 2. Original Paint Layer Samples. *Analytical Chemistry*, v. 83, n. 4, p. 1224–1231, 15 fev. 2011a.

MONICO, L. *et al.* Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Synchrotron X-ray Spectromicroscopy and Related Methods. 1. Artificially Aged Model Samples. *Analytical Chemistry*, v. 83, n. 4, p. 1214–1223, 15 fev. 2011b.

MONICO, L. *et al.* Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 3. Synthesis, Characterization, and Detection of Different Crystal Forms of the Chrome Yellow Pigment. *Analytical Chemistry*, v. 85, n. 2, p. 851–859, 15 jan. 2013a.

MONICO, L. *et al.* Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 4. Artificial Aging of Model Samples of Co-Precipitates of Lead Chromate and Lead Sulfate. *Analytical Chemistry*, v. 85, n. 2, p. 860–867, 15 jan. 2013b.

MONICO, L. *et al.* Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. Part 5. Effects of Nonoriginal Surface Coatings into the Nature and Distribution of Chromium and Sulfur Species in Chrome Yellow Paints. *Analytical Chemistry*, v. 86, n. 21, p. 10804–10811, 4 nov. 2014.

MONICO, L. *et al.* Probing the chemistry of CdS paints in The Scream by in situ noninvasive spectroscopies and synchrotron radiation x-ray techniques. *Science Advances*, v. 6, n. 20, p. 1–11, 15 maio 2020.

PEREIRA DE FREITAS, R. O Uso de técnicas físico-químicas de análise como

suporte na conservação, catalogação e investigação forense de acervos museológicos. *Museologia & Interdisciplinaridade*, v. 10, n. Especial SE-Dossiê Acervos Museológicos em Ambiente Digital, p. 182–195, 8 set. 2021.

PEREIRA, M. O. *et al.* Investigating counterfeiting of an artwork by XRF, SEM-EDS, FTIR and synchrotron radiation induced MA-XRF at LNLS-BRAZIL. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 246, p. 118925, fev. 2021.

PIMENTA, A. *et al.* EXEMPLIFICANDO O USO DO MACRO MAPEAMENTO ELEMENTAR POR XRF (MA-XRF) NA INVESTIGAÇÃO FORENSE DE OBRAS DE ARTE. *Química Nova*, 2021.

PUGLIERI, T. S. *Impacto da composição química de microambientes em bens culturais: reatividade e monitoramento*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 20 fev. 2015.

PUGLIERI, T. S. *et al.* Investigation on the hazing of a Brazilian contemporary painting. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 159, p. 117–122, abr. 2016.

RADEPONT, M. *Understanding of chemical reactions involved in pigment discoloration, in particular in mercury sulfide (HgS) blackening*. [s.l.] Université Pierre et Marie Curie - Paris VI ; Universiteit Antwerpen, 2013.

RODRIGUEZ, S. H. *et al.* Non-Destructive and portable analyses helping the study and conservation of a Saraceni copper plate painting in the São Paulo museum of art. *Microchemical Journal*, v. 155, p. 104787, jun. 2020.

ROSI, F. *et al.* A non-invasive XRF study supported by multivariate statistical analysis and reflectance FTIR to assess the composition of modern painting materials. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 71, n. 5, p. 1655–1662, 2009.

SANCHES, F. A. C. R. DE A. *et al.* Characterization of a sacred statuette replica of “Nossa Senhora da Conceição Aparecida” using X-ray spectrometry techniques. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 167, p. 108266, 12 abr. 2020.

VAGNINI, M. *et al.* Handheld new technology Raman and portable FT-IR

spectrometers as complementary tools for the in situ identification of organic materials in modern art. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 176, p. 174–182, abr. 2017.

VAN DER SNICKT, G. *et al.* In situ macro X-ray fluorescence (MA-XRF) scanning as a non-invasive tool to probe for subsurface modifications in paintings by P.P. Rubens. *Microchemical Journal*, v. 138, p. 238–245, 1 maio 2018.

VANMEERT, F. *et al.* Rücktitelbild: Chemical Mapping by Macroscopic X-ray Powder Diffraction (MA-XRPD) of Van Gogh's Sunflowers : Identification of Areas with Higher Degradation Risk (Angew. Chem. 25/2018). *Angewandte Chemie*, v. 130, n. 25, p. 7656–7656, 18 jun. 2018.

VERMEULEN, M. *et al.* Identification by Raman spectroscopy of pararealgar as a starting material in the synthesis of amorphous arsenic sulfide pigments. *Dyes and Pigments*, v. 149, p. 290–297, fev. 2018.

INTRODUÇÃO À CONSERVAÇÃO PREVENTIVA: CONCEITOS BÁSICOS EM CLIMA E CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE MICROCLIMA

Jandira Flaeschen¹

¹ É graduada em Conservação e Restauração de Bens Culturais pela Universidade Estácio de Sá, possui Especialização e Mestrado em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia pelo Museu de astronomia e Ciências Afins. É servidora da Fundação Biblioteca Nacional desde 2013, atualmente exercendo a função de Chefe da Seção de Restauração. É membro do Grupo de Estudos e Pesquisas sobre Patrimônio Bibliográfico e Documental, coordenado pelo Prof.Dr. Fabiano Cataldo. E-mail: jandirahf@gmail.com

INTRODUÇÃO À CONSERVAÇÃO PREVENTIVA

Os assuntos que serão abordados nesse capítulo serão: 1 – Definições de Preservação e Conservação Preventiva; 2 – Conceitos de clima e microclima; 3 – Avaliação do monitoramento climático; 4 – Acervos bibliográficos e documentais; 5 – Agentes de deterioração; 6 – Ações de Conservação Preventiva.

Definições de preservação e conservação preventiva

A Preservação é entendida de forma abrangente, compreendendo todas as ações destinadas a salvaguardar, retardar a deterioração e possibilitar o pleno uso do acervo, com vistas a permanência dos materiais para as futuras gerações.

O planejamento de preservação envolve ações interventivas e preventivas, sendo respectivamente: a Conservação-restauração e Conservação preventiva (Zúñiga, 2002).

A Conservação-restauração abrange um conjunto de procedimentos que tem como objetivo assegurar a integridade física do acervo e essas ações exercem um impacto sobre os itens individuais. Como exemplos de atividades temos: avaliar as condições físicas e os materiais constituintes dos itens; estabilização dos suportes e documentar as intervenções realizadas.

Já a Conservação preventiva envolve um conjunto de ações não interventivas que visam prevenir danos e minimizar a deterioração dos acervos, exercendo assim, um impacto sobre o conjunto/coleção. Vistorias de rotina nas áreas de guarda; monitoramento da temperatura e umidade relativa e acondicionamento dos itens são algumas dessas atividades.

A citação de Gael de Guichen, destacada por Ingrid Beck na publicação *Manual de diagnóstico de conservação para acervos arquivísticos e bibliográficos* (p. 16, 2014) nos traz uma boa visão do paradigma da Conservação preventiva, quando aponta sua perspectiva de atuação do ponto de vista micro para o macro em nossas atividades:

A Conservação preventiva é um velho conceito no mundo dos museus, mas só nos últimos dez anos

ela começou a se tornar reconhecida e organizada. Ela requer uma mudança profunda de mentalidade. Onde ontem se viam artefatos, hoje devem ser vistas coleções. Onde se viam locais de guarda devem ser vistos edifícios. Onde se pensava em dias, agora se deve pensar em anos. Onde se via uma pessoa, devem ser vistas equipes. Onde se via uma despesa de curto prazo, se deve ver um investimento de longo prazo. Onde se mostram ações cotidianas, devem ser vistos programas e prioridades. A conservação preventiva significa assegurar a sobrevivência das coleções. (Guichen, 1995, *Apud* Beck, 2014, p.16)

Desse modo, as ações de Conservação Preventiva devem ser implementadas em diferentes camadas de invólucro do acervo. As ações irão abranger uma totalidade, porém atuando de maneira específica em cada nível, iniciando do edifício da instituição, passando para as áreas de guarda, o mobiliário, os acondicionamentos, chegando finalmente no item:

- edifício: condições arquitetônicas devem ser observadas e avaliadas, tais como: telhados, calhas, vitrais, janelas, portas, encanamentos, instalações elétricas, itens de segurança patrimonial (câmeras, alarmes, extintores, etc.);
- área de guarda: vistorias, limpeza adequada do ambiente, atenção ao tipo de material de pisos, janelas e portas, observar se a dimensão da área é adequada para o quantidade de acervo a ser depositado, ventilação, monitoramento de temperatura e umidade relativa, incidência de luz sobre o acervo;
- mobiliário: analisar se as características do mobiliário são adequadas para a tipologia dos itens que irá abrigar - tipo de material de que é constituído, dimensões e organização que oferece;
- acondicionamento: considerado um invólucro primário, pois será ele que terá contato direto sobre as obras, por esse motivo o material de que é confeccionado precisa ser adequado para cada tipo de item, deve oferecer segurança e praticidade para o manuseio, de preferência ser confeccionado sob medida para as obras, utilizar materiais livres de acidez e pesquisar se emitem poluentes que possam causar danos e, conseqüentemente, criar microclimas indesejados.

Conceitos de clima e microclima

Clima é a sucessão de diferentes estados do tempo que se repetem e se sucedem na atmosfera ao longo do ano em determinada região. Para saber qual o clima de um lugar, é necessário fazer observações do tempo atmosférico diariamente, durante muitos anos, para verificar a regularidade das combinações dos seus elementos².

Microclima é qualquer variação em relação à temperatura e umidade relativa existente em um ambiente circundante (Lee, 1988, *Apud* Flaeschen, 2017, p.28).

Podemos desenvolver um gerenciamento ambiental para a preservação de acervos fazendo medições diárias de temperatura e umidade relativa, calculando as médias mensais e assim, obter um estudo das condições climáticas de nossas áreas de guarda.

Avaliação do monitoramento climático

As condições ambientais são um fator primordial para a preservação dos acervos. As taxas de umidade relativa e temperatura podem ser monitoradas através de termohigrômetros, *dataloggers*³ ou sistemas de monitoramento como o SITRAD⁴ para que se possa planejar ações de conservação preventiva.

A avaliação dos dados climatológicos pode ser feita através do protocolo de análise do ambiente para conservação em climas quentes e úmidos (Maekawa, 2015). Em relação à metodologia para se realizar esta avaliação é necessário que se faça uma planilha com as taxas médias, mínimas e máximas de temperatura e umidade relativa ao longo de pelo menos um ano, para que se possa avaliar com mais precisão as variações climáticas durante todas as estações do ano.

Se a instituição possuir um sistema de monitoramento, é possível emitir relatórios mensais com as informações. Se não, os dados

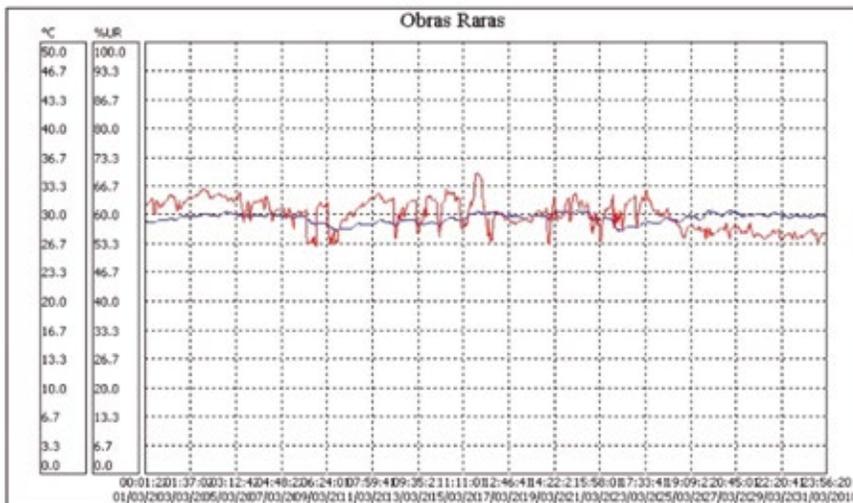
² Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/qual-diferenca-entre-tempo-clima.htm>, acesso em 10 abril de 2022.

³ Dataloggers são equipamentos eletrônicos que medem a temperatura e a umidade relativa simultaneamente e possuem a capacidade de acumular os dados para serem resgatados.

⁴ Sistema de coleta de dados automático de temperatura e umidade relativa utilizado na Fundação Biblioteca Nacional desde 2010, que monitora em tempo real as taxan as áreas de guarda e áreas técnicas.

podem ser compilados em uma planilha e analisados da mesma forma. A Figura 1, a seguir, apresenta uma imagem do gráfico de registro das medidas de temperatura e umidade relativa, presentes nos relatórios emitidos pelo sistema de monitoramento SITRAD utilizado na Biblioteca Nacional.

Figura 1: Relatórios emitidos pelo sistema de monitoramento SITRAD utilizado na Biblioteca Nacional



Fonte: Print de tela de relatório feito pela autora

O sistema SITRAD acumula os dados e emite relatórios que registram as variações ao longo de um mês. Na Figura 01, temos o *print* da tela de relatório mensal da Seção de Obras Raras da BN. Nele as linhas azuis indicam a temperatura e as vermelhas a umidade relativa.

Com os dados deste gráfico, o sistema aponta as taxas mínimas, máximas e médias e, assim, temos os registros das condições ambientais de cada área de guarda e áreas técnicas da instituição. Essas informações serão utilizadas na avaliação do protocolo para climas quentes e úmidos.

Os padrões convencionais estabelecidos para o clima das regiões da Europa e Estados Unidos não se aplicam em climas quentes e úmidos dos países tropicais, como o Brasil. É um grande desafio tentar alcançar os padrões pré-definidos devidos às características climáticas totalmente diferentes das nossas e os gastos com energia para mantê-las são inviáveis. Por este motivo, especialistas de vários lugares

começaram a reavaliar estes padrões para as condições ambientais. A publicação: *Environmental Management for Collections: alternative preservation strategies for hot and humid climates*, organizada por Maekawa (2015), propõe um estudo diferenciado das condições climáticas e aponta os riscos decorrentes das variações.

Segundo os autores, em climas quentes e úmidos não podem ser utilizados os padrões convencionais estabelecidos para o clima das regiões da Europa e Estados Unidos, como era feito até a década de 1990. No Brasil, a conservação preventiva já era abordada desde a década de 1980, em disciplinas ministradas pela professora Violeta Cheniaux, no curso de graduação em Museologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Unirio)⁵. A recomendação adotada pela comunidade da área cultural era $210C \pm 20C$, $50\% \pm 5\%$ UR (Maekawa *et al.*, 2015 *apud* Thomson, 1994, p.51). Entretanto, desde a década de 90, os requisitos convencionais prescritos para a conservação das condições ambientais foram reavaliados. Duas publicações se destacam nestes estudos: *ASHRAE's Museums, Galleries, Archives and Libraries* (2011), dos Estados Unidos e *PAS 198, do British Standards Institute*, (2012), do Reino Unido.

Museums, Galleries, Archives and Libraries foi publicado como um capítulo em *ASHRAE Applications Handbook*, em 1990, quando cientistas da conservação e engenheiros mecânicos se reuniram para trabalhar em questões sobre condições ambientais de conservação para coleções (Maekawa *et al.*, 2015 *apud* Michalski, 2007, p. 34). O documento dá ênfase à importância do balanço dos riscos ambientais com as taxas reais alcançáveis em relação à temperatura e umidade.

Entretanto para climas quentes e úmidos, o estudo não define padrões de taxas a serem alcançadas, compreendendo que alcançar estes padrões pré-definidos é um grande desafio, quase impossível de se conseguir, devido às características climáticas destas regiões e aos gastos com energia para mantê-los, que seriam inviáveis. Maekawa e colaboradores (2015) reconhecem que nestas regiões, as médias das condições ambientais são significativamente diferentes dos padrões convencionais apresentados por Garry Thomson.

A publicação *ASHRAE's Museums, Galleries, Archives and Libra-*

⁵ Segundo Ivan de Sá, no artigo A formação de profissionais em conservação no Brasil (p. 147-150), na publicação MAST Colloquia, v. 9, p.148, 2007.

ries (2011) recomenda que se deva levar em consideração as condições climáticas a que as coleções estão expostas ao longo do tempo; as taxas médias locais devem ser comparadas com as taxas médias de umidade do ambiente gerenciado; os fatores ambientais locais e os internos devem ser analisados como fatores que podem apresentar riscos para as coleções; identificar as vulnerabilidades das coleções e como os fatores climáticos podem resultar em riscos; reconhecer a performance térmica e de umidade do edifício, para estabelecer que condições devem ser mantidas e o reconhecimento de que o edifício pode ter seu próprio conjunto de vulnerabilidades e riscos climáticos, especialmente se as condições interiores podem ser afetadas pelas condições externas; estabelecer estratégias para mitigação dos riscos presentes no clima exterior, levando em consideração as vulnerabilidades específicas das coleções e a capacidade do prédio funcionar como uma barreira de proteção ao ambiente exterior, incluindo metas que sejam realistas e exequíveis e que possam ser satisfeitas através da utilização de estratégias e sistemas simples e confiáveis e com eficiência energética.

Protocolo de Análise Ambiental de Conservação para Climas Quentes e Úmidos:

O protocolo de análise de ambiente para conservação em climas quentes e úmidos prioriza três fatores de riscos para as coleções, que são:

- Danos biológicos – o maior risco; nos climas quentes e úmidos, os períodos prolongados de alta umidade relativa podem favorecer a proliferação de micro-organismos e os de altas temperaturas, dos insetos.
- Danos mecânicos – um risco onde o clima varia amplamente. A deterioração mecânica em climas quentes e úmidos constitui sérios riscos para as coleções, onde estações secas e úmidas ou estações chuvosas resultam em grandes variações de umidade e possivelmente de temperatura. Entretanto, em regiões com estrita variação de umidade, o dano mecânico é menos destrutivo do que o dano biológico. As variações provocam a perda e o ganho de umidade nos materiais higroscópicos, causando diversos danos nos suportes.
- Danos químicos – um menor risco mas presente também, segundo Maekawa. Para avaliar as condições ambientais de um

ambiente, poderá ser utilizado o Protocolo de classificação do ambiente de conservação para climas quentes e úmidos, sugerido por Maekawa e colaboradores (2015). Este protocolo se refere à Classificação Ambiental para Conservação – Quente e Úmido⁶ e está baseado nas diretrizes para gestão de conservação ambiental do ASHRAE's Museums, Galleries, Archives and Libraries (2011). Ele prioriza os três fatores de riscos para as coleções que foram citados acima: danos biológicos, mecânicos e químicos. As análises foram feitas de acordo com a tabela Conservation Environment Classification – Hot and Humid (HH) protocol showing humidity and temperature criteria for mixed collections in hot and humid climates (Maekawa *et al.*, 2015, p. 50), em anexo.

- Utilizando a tabela da publicação de Maekawa (2015, p.50): Conservation Environment Classification – Hot and Humid (HH) protocol showing humidity and temperature criteria for mixed collections in hot and humid climates, de acordo as taxas coletadas de umidade relativa e temperatura, aplica-se os valores em cada categoria de riscos e é feita uma avaliação para indicar o nível de gravidade comparando com as taxas apresentadas.

A seguir, um exemplo da aplicação da análise ambiental na pesquisa desenvolvida na Seção de Obras Raras da Biblioteca Nacional, no estudo realizado para a dissertação Qualidade do ar e Microclima (2017). Os dados utilizados nesta tabela foram do ano de 2016, de acordo com os relatórios climatológicos do sistema SITRAD. (Tabela 1).

⁶ Na publicação em inglês, é chamado Conservation Environment Classification – Hot and Humid (HH) protocol (Maekawa *et al.*, 2015, p. 50) – tradução da autora.

Tabela 1: Análise climática da DIORA - 2016 de acordo com o Protocolo Hot and Humid (HH)

Risco Biológico	
Umidade	$x \leq 65 \Rightarrow$ UR média – o ano todo – Classe A \Rightarrow sem risco
Relativa	UR máxima – houve picos máximos nas faixas: $65 < x \leq 70 \Rightarrow$ Classe B \Rightarrow baixo risco (Verão e Inverno) $70 < x \leq 75 \Rightarrow$ Classe C \Rightarrow risco moderado (Outono e Primavera)
Temperatura	Abaixo de 40°C o ano todo na média \Rightarrow não é considerada uma faixa latente para micro-organismos, pode haver riscos.
Risco Mecânico	
Umidade	
Relativa	$x > \Delta 20 \Rightarrow$ Classe f \Rightarrow alto risco
Temperatura	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10 \Rightarrow$ Classe a \Rightarrow sem risco
Risco Químico	
Umidade	
Relativa	Sem condições de condensação no ambiente
Temperatura	Δ anual = 3,85 / $\Delta 3 < x \leq \Delta 5 \Rightarrow$ Classe + \Rightarrow aumento de risco moderado

Fonte: Dados da tabela nos apêndices Análise climática – Divisão de Obras Raras 2016.

Fonte: Dissertação da autora Qualidade do ar e microclima..., 2017, p.59

As conclusões possíveis a partir do estudo são:

- Há riscos de danos biológicos devido às variações de UR e T;
- As taxas de UR oferecem riscos mecânicos;
- As taxas de temperatura oferecem riscos de danos químicos;
- As condições ambientais do setor precisam ser mais estabilizadas.

1. Acervos bibliográficos e documentais

Os itens que fazem parte dos acervos bibliográficos e documentais são compostos, em sua maioria, por materiais orgânicos, sensíveis à temperatura e umidade relativa instáveis. Os principais suportes que iremos encontrar são o papel, o couro e o pergaminho, que são compostos por celulose, proteínas e amido. Essas matérias são fontes de alimento ideais para insetos e micro-organismos. Por estes motivos as ações de monitoramento e controle são tão importantes dentro de um plano de preservação.

2. Agentes de deterioração

Alguns dos fatores que influenciam a deterioração dos acervos ligados às condições ambientais nos locais de guarda e características microclimáticas do edifício são: umidade relativa; temperatura; sujidade; poluição ambiental e agentes biológicos. A seguir, faremos uma breve abordagem sobre cada um deles.

- **Umidade relativa:** As variações de umidade relativa causam danos aos acervos, pois a água favorece as ligações químicas, promovendo e acelerando as reações químicas por hidrólise. Já a baixa umidade relativa pode causar ressecamento, deformações e fraturas nos itens (quebra das cadeias de celulose). A Figura 2, a seguir, apresenta um exemplo de degradação, encadernação em couro com deformações, manchas variadas, enfraquecimento e deterioração.

Figura 2: Exemplo de degradação, encadernação em couro com deformações, manchas variadas, enfraquecimento e deterioração



Fonte: Dissertação da autora, 2017, p. 99

- **Temperatura:** As variações de temperatura podem provocar danos químicos (acelerando a degradação da celulose). No papel, a degradação química faz o suporte perder elasticidade e causa danos estruturais, devido a contração e dilatação da celulose.
- **Sujidade:** Na sujidade encontrada tanto nos itens do acervo quanto nos mobiliários há diversos elementos, um deles são os

esporos de fungos. Esses esporos ficam latentes, porém quando há temperatura e umidade relativa propícias para sua proliferação, os fungos surgem infectando o acervo. Durante a pesquisa para a dissertação *Qualidade do ar e Microclima* (2017), foi possível realizar a amostragem microbiológica de poeira coletada de prateleiras e superfícies de volumes da Coleção Miscellanea da Seção de Obras Raras na Biblioteca Nacional, em 2016. E através do cultivo fúngico em placas de Petri, foi constatada a proliferação de micro-organismos, comprovando a existência desse elemento na sujeira acumulada. A Figura 03, a seguir, apresenta imagem de placa de cultivo de colônias fúngicas após coleta de superfície do livro P24, 2,6 - ex. 1 - 1694 – coleta do corte superior.

Figura 3: Placa de cultivo de colônias fúngicas após coleta de superfície do livro P24, 2,6 - ex. 1 - 1694 – coleta do corte superior



Fonte: Dissertação da autora, 2017, p. 86

- **Poluição Ambiental:** As fontes de poluentes podem ser internas e externas. Nas externas encontram-se os mais agressivos, destacando-se a poeira e os gases ácidos devido à queima de combustíveis. Os danos causados são sérios e irreversíveis. As internas são decorrentes do próprio material de que é constituído o acervo e ainda do mobiliário e produtos químicos utilizados na limpeza do ambiente. A Figura 4, a seguir, apresenta uma imagem de um livro com danos provocados pela deposição de poeira, agindo como abrasivo, acelerando a deterioração do acervo quando em contato com a umidade e promovendo a formação de ácidos. O papel fica quebradiço e com manchas.

Figura 4: Exemplo: A poeira depositada sobre os itens age como abrasivo, acelera a deterioração do acervo quando em contato com a umidade e se transforma em ácidos. O papel fica quebradiço e com manchas



Fonte: acervo da autora.

- **Agentes Biológicos:** São representados pelos insetos, fungos e bactérias. Todos estes organismos vivos podem provocar danos como: perfurações, perdas de partes dos suportes, manchas, deformações, sujidade e enfraquecimento. Os materiais orgânicos que constituem a maioria dos acervos culturais são fonte de alimentação para eles. A Figura 5, a seguir, apresenta uma imagem de obra com danos causados por insetos e fungos.

Figura 5: Obra com danos causados por insetos e fungos



Fonte: acervo da autora.

Sabendo-se que a poeira presente no ambiente de guarda possui grande quantidade de esporos de micro-organismos e atrai os insetos; se houverem as condições ambientais propícias (temperatura e umidade relativa inadequadas), os agentes biológicos irão surgir; o controle ambiental e as condições de limpeza do local de guarda e do acervo são fundamentais para que não haja a proliferação de micro-organismos e surgimento de insetos; podemos elaborar estratégias de ação para o controle dos ambientes de guarda de acervos.

Ações de Conservação Preventiva

Enumeramos a seguir algumas das ações que podem ser implementadas:

- Vistorias periódicas do acervo e das áreas de guarda.
- Higienização das coleções e ambientes de guarda.
- Acondicionamento dos itens após a higienização.
- Manter a estabilidade das condições ambientais (temperatura e umidade relativa), evitando mudanças bruscas.

São fatores a serem observados para as melhorias ambientais:

- Localizar os depósitos em áreas com menor insolação (evita as oscilações de temperatura).
- Evitar fontes geradoras de umidade (reduz a umidade relativa).
- Promover ventilação do ambiente, para amenizar a temperatura e estabilizar a umidade relativa com o uso combinado de ventiladores e desumidificadores.
- A umidade relativa acima de 65% acelera a atividade microbológica.
- A temperatura inadequada é fator fundamental para o desenvolvimento de micro-organismos.
- A inspeção visual no ambiente de guarda permite identificar vestígios de ataques de insetos e sinais de proliferação de fungos.
- Durante a higienização também é possível identificar os resíduos dos ataques dos insetos e encontrá-los no interior dos materiais.
- A limpeza do mobiliário e pisos adequadamente são fundamentais para assegurar um ambiente com menos riscos de contaminação

e sem condições favoráveis para o surgimento de insetos e microorganismos.

- O acondicionamento dos itens favorece a proteção contra a sujidade e a poluição ambiental, além de proteger dos danos fotoquímicos, como a descoloração.

Considerações finais

A necessidade de controle do microclima circundante às coleções, envolvendo o monitoramento das variáveis temperatura, umidade relativa e a qualidade do ar, em relação à presença de agentes microbiológicos no ambiente e nos itens é indispensável às boas práticas de conservação preventiva. Estas atividades podem ser agrupadas dentro do conceito de gerenciamento ambiental estratégico, por não somente abranger o monitoramento e controle do microclima interno, mas relacionar suas interferências nas condições intrínsecas dos bens culturais e contar com a colaboração multidisciplinar para avaliar e responder às estas questões.

Referências

ASHRAE. *Navigation for a Sustainable Future*. Disponível em: <http://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/Public/20100621_strategicnavigationbrochure.pdf>. Acesso em 10 jan 2017.

BECK, Ingrid. *Manual de diagnóstico de conservação para acervos arquivísticos e bibliográficos*. Brasília: IBRAM, 2014.

BECK, Ingrid. *Guia para elaboração de políticas de preservação para acervos arquivísticos e bibliográficos*. Brasília: IBRAM, 2014.

BECK, Ingrid. *Manual de higienização e controle de pragas em acervos arquivísticos e bibliográficos*. Brasília: IBRAM, 2014.

BECK, Ingrid. *Guia de procedimentos de mudança para acervos arquivísticos e bibliográficos*. Brasília: IBRAM, 2014.

CALLO, Milagros Vaillant. *Biodeterioração do patrimônio histórico documental: alternativas para sua erradicação e controle*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, Fundação Casa de Rui Barbosa, 2013.

FLAESCHEN, Jandira H. F. *O método de atmosfera anóxica: tratamento ató-*

xico para a desinfestação de acervos bibliográficos. Rio de Janeiro, 2009. Monografia (Pós-graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) – Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCT. Disponível em: https://www.bn.gov.br/sites/default/files/documentos/producao/monografia/metodo-atmosfera-anoxia-tratamento-atoxico-desinfestacao//monografia_jandira_flaeschen.pdf

FLAESCHEN, Jandira H. F. *Qualidade do ar e microclima: relações e interferências na preservação da Coleção Miscellanea Curiosa*. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Pós-graduação Stricto Sensu em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) – Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCTIC. Disponível em: <http://site.mast.br/ppact/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Jandira%20PPACT%20MAST%202017.pdf>

MAEKAWA, Shin; BELTRAN, Vincent L.; HENRY, Michael C. *Environmental Management for collections: alternative preservation strategies for hot and humid climates*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2015.

MENDES, Marylka; SILVEIRA, Luciana da; BEVILAQUA, Fatima; BAPTISTA, Antonio Carlos N. (org.) *Conservação – conceitos e práticas*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

ZÚÑIGA, Solange Sette G. A importância de um programa de preservação em arquivos públicos e privados. *In: Revista Registro*, Ano I, nº 1, jul. 2002 – p. 71-89.

ANEXO

Table 3.3

Conservation Environment Classification-Hot and Humid (HH) protocol showing humidity and temperature criteria for mixed collections in hot and humid climates.

Risk		Humidity (% RH)			Temperature (°C)		
Category	Specific Risk (statistic)	Parameter	Criteria	Class	Parameter	Criteria	Class
Microbial risk ¹ (dominant risk in hot and humid climates)	Germination threshold	97.5 percentile (P97.5, x)	$x \leq 65$	A ^c	Microbial activity will typically remain dormant at temperatures above 40°C.		
			$65 < x \leq 70$	B			
			$70 < x \leq 75$	C			
			$x > 75$	F			
Mechanical risk ^{2,3} (overall class determined by lowest class of any specific mechanical risk)	Short-term variation	Rolling 24 hr variation, 95th percentile (P95, x)	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10$	a	Rolling 24 hr variation 95th percentile (P95, x)	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 4$	a
			$\Delta 10 < x \leq \Delta 20$	b		$\Delta 4 \leq x \leq \Delta 10$	b
			$x > \Delta 20$	f		$x > \Delta 10$	f
	Seasonal variation	Absolute difference in seasonal means (means $\leq 70\%$ RH, x) ⁴	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10$	a	Absolute difference in seasonal means (x)	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10$	a
			$\Delta 10 < x \leq \Delta 20$	b		$\Delta 10 < x \leq \Delta 20$	b
			$x > \Delta 20$	f		$x > \Delta 20$	f
Deviation from historical mean	Absolute difference between annual and historical mean (x)	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10$	a	Absolute difference between annual and historical mean (x)	$\Delta 0 \leq x \leq \Delta 10$	a	
		$\Delta 10 < x \leq \Delta 20$	b		$\Delta 10 < x \leq \Delta 20$	b	
		$x > \Delta 20$	f		$x > \Delta 20$	f	
Chemical risk ⁴	Deviation from historical mean	Consider condensation risk at high humidity and depressed surface temperatures.			Difference between annual and historical mean (x)	$x > \Delta 5$	++
						$\Delta 3 < x \leq \Delta 5$	+
						$\Delta -3 \leq x \leq \Delta 3$	0
						$\Delta -5 \leq x \leq \Delta -3$	-
						$x < \Delta -5$	--

¹ While adherence to Class C criteria will limit most microbial activity, meeting criteria for Class A or Class B will further extend the time period until mold germination and will restrict growth.

² Due to variations in material response times to humidity and temperature fluctuations and construction techniques, the risk of mechanical damage is object specific.

³ If deliquescent salts are present, one must maintain humidity below the deliquescence point to limit the risk of salt-related mechanical damage.

⁴ Chemically unstable collections should be stored in cold (-20°C) or cool (10°C) conditions, while only stable metal collections treated against corrosion or having

natural patina may be stored at conditions above 60% RH.

⁵ If seasonal mean humidity exceeds 70% RH, mechanical risk due to seasonal humidity variation is assigned to Class f. Above 70% RH, small shifts in humidity can result in large changes in a material's equilibrium moisture content and may lead to irreversible dimensional change.

⁶ Though a lower humidity limit is not given for Class A microbial risk, the maintenance of an excessively low humidity condition may introduce mechanical risk by deviating far from the historical humidity mean.

Class Designations and Risk Levels

Microbial Class

A: no risk B: low risk C: moderate risk F: high risk

Mechanical Class

a: no risk b: moderate risk f: high risk

Chemical Class

++ significantly increased risk

+ moderately increased risk

0 similar risk

- moderately reduced risk

-- significantly reduced risk

Fonte: MAEKAWA, Shin; BELTRAN, Vincent L.; HENRY, Michael C. Environmental Management for Collections: alternative preservation strategies for hot and humid climates. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2015, p.50. Disponível em: https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/books/environmental.html

**CONDIÇÕES AMBIENTAIS
INTERNAS: COMO MANTER POR
UM TEMPO O QUE VOCÊ QUER
MANTER PARA SEMPRE?
PRESERVAÇÃO DE ACERVOS
ESCULTÓRICOS DE MUSEUS**

Benvinda de Jesus Ferreira Ribeiro¹

¹ É paisagista e escultora pela Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, possui Especialização em Arquitetura (bens integrados) pelo Centro Universitário Metodista - UNIBENNETT, mestrado e doutorado pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura da UFRJ. Atualmente é Professora do Programa de Pós-graduação em Projeto e Patrimônio e do Curso de Conservação e Restauração e Restauradora do Museu D. João VI da Escola de Artes da Escola de Belas Artes. E-mail: benrestauradora@eba.ufrj.br

INTRODUÇÃO

Este texto destaca os principais condicionantes que podem alterar física e quimicamente acervos escultóricos no ambiente interno de museus, comprometendo sua unidade visual. Apresentamos também, a necessidade do conhecimento das características formais, volumétricas e a técnica construtiva da escultura face ao ambiente, para a conservação desses patrimônios. Para tanto, daremos enfoque à relação entre os bens culturais escultóricos e o espaço arquitetônico e a influência do entorno envolvente, fator e lugar para a pertinência do diagnóstico e as ações para preservação desses patrimônios. Por fim, destacamos algumas recomendações e medidas para a conservação preventiva desses bens culturais.

Destacamos como exemplos imagens do acervo do Museu de Belas Artes e do Museu D. João VI da Escola de Belas, para compreensão da ação dos condicionantes e de medidas de conservação preventiva.

O Museu Nacional de Belas Artes está situado na Av. Rio Branco, 199, no Centro do Rio de Janeiro, entendendo-se o edifício não apenas como um dos museus tradicionais mais representativos da nossa cidade, mas também como contenedor de coleções de natureza vária e suporte arquitetônico de obras de arte. Já o Museu D. João VI da Escola de Belas Artes é um museu de arte dedicado ao ensino, à pesquisa e à extensão e está localizado na Cidade Universitária na Ilha do Fundão, no Prédio Jorge Machado Moreira. O Museu D. João VI abriga um acervo de enorme importância para a memória da produção artística brasileira nos séculos XIX, XX e XXI, sendo responsável pela formação de diversos artistas, pelo funcionamento do sistema das artes visuais e pelo abrigo de coleções de arte diversificadas.

Para fins deste capítulo, nos baseamos no conceito de preservação que, segundo Ecco e Duvivier, compreende “todas as ações que visam retardar a deterioração e possibilitam o pleno uso dos bens culturais” (1988, s/p). Dentro dessas ações que visam a preservação da obra, destacam-se: a conservação preventiva, a conservação e a restauração. Tais ações são definidas de acordo com o *Manual de prevención y primeros auxílios*, de Beatriz Restrepo (1985), o qual considera “conservação preventiva” uma ação indireta na obra. Essa ação ocorre no ambiente e tem por objetivo prevenir as deteriorações por meio da adaptação das condições externas – temperatura, umidade, iluminação, qualidade do ar,

transporte, armazenamento e exposição adequados – favorecendo a integridade dos materiais constitutivos da obra. A conservação, por sua vez, é uma ação direta na obra, essa intervenção se dá na matéria física e tem o objetivo de estabilizar o bem cultural na sua consistência atual, agregando ainda cuidados com o ambiente, visando deter ou adiar os processos de deterioração. A restauração, além de incluir os procedimentos de conservação, atua especificamente nos valores históricos e estéticos da obra de arte, restituindo-os tanto quanto possível (Restrepo, 1985, p. 17).

Portanto, admite-se que para a preservação de esculturas é necessário pensar na estabilidade física de seus materiais (suporte e acabamentos). Desta perspectiva, destacamos recomendações e os métodos de conservação preventiva, para este trabalho, com a finalidade de preservação do acervo de esculturas contidas em ambiente de museus, considerando a relação física e espacial que esses possuem com os lugares onde se encontram, incluindo as observações referentes ao interior e exterior das edificações.

Condições físicas e funcionais do edifício e do lugar, e efeitos nos bens culturais escultóricos

Uma das abordagens específicas para a conservação física e estética de bens culturais escultóricos em museus está no conhecimento das condições físicas e funcionais do edifício e do lugar, ou seja, do espaço/ambiente com que as obras se relacionam.

Para o estudo em museus, entende-se por espaço/ambiente o lugar das relações entre a arquitetura, o homem e os bens culturais:

Os bens culturais, portanto, fazem parte do que podemos chamar de ecossistema (Herráez e Rodríguez, 1989), onde os fatores do ambiente físico, dos edifícios, dos organismos vivos e da ação humana estão intimamente relacionados (Herráez *et al.*, 2014, p. 11, tradução nossa).²

É a partir dessas relações que verificamos as condições físicas e funcionais da arquitetura e do lugar, ou seja, as condições do espaço/

² “Los bienes culturales, por lo tanto, forman parte de lo que podemos llamar el ecosistema (Herráez y Rodríguez, 1989), donde los factores del ambiente físico, de los edificios, de los organismos vivos y de la acción humana están íntimamente relacionados”.

ambiente e seus efeitos sobre os bens culturais escultóricos em museus.

É importante saber que as condições físicas e funcionais do espaço/ambiente de museus incluem uma série de aspectos que envolvem, desde a elaboração do projeto arquitetônico do edifício – onde estão contidos aspectos para o conforto térmico, acústico, lumínico, qualidade do ar, direção dos ventos e do sol, análise do solo, entre outros aspectos – até a sua implantação física no lugar.

Alguns desses aspectos podem ser observados nos projetos de construções históricas:

Em geral, é muito comum encontrar sistemas de ventilação passiva em edifícios históricos, onde eles são necessários devido à sua localização, ao clima, ao ar livre ou ao uso que eles recebem (áreas frias ou quentes e úmidas, problemas de condensação, chuva, umidade por capilaridade, alto índice de visitas, etc.). Há muitos exemplos: desde os telhados, sistemas de ventilação passiva para evitar condensação, aquecimento, [...], para controlar sistemas de iluminação em janelas e orientação de edifícios que abrigam coleções sensíveis a esse risco (*Ibidem*, tradução nossa).³

Contudo, a condição física e funcional do edifício do museu programada no projeto pode ser alterada, devido a novas concepções espaciais e às mudanças no lugar (entorno do museu), consequência da relação tempo, homem, questões políticas, econômicas, sociais e culturais. Essas relações podem modificar a configuração físico-espacial da arquitetura e os aspectos físicos do lugar, alterando a funcionalidade programática do edifício e do lugar e, conseqüentemente, as condições do ambiente interior e exterior onde se encontra o acervo/obra.

Na arquitetura do edifício, as mudanças físico-espaciais e funcionais podem ocorrer por alterações de paredes, de aberturas (inclusão

³ “De manera general, es muy habitual encontrarnos sistemas de ventilación pasiva en los edificios históricos, donde son necesarios debido a su ubicación, al clima exterior o al uso que a estos se les da (zonas frías o cálidas y húmedas, problemas de condensación, lluvias, humedades por capilaridad, índice elevado de visitas, etc.). Son muchos los ejemplos: desde las cubiertas, sistemas de ventilación pasiva para evitar condensaciones, calefacciones, revocos y capas de sacrificio, hasta sistemas de control de la iluminación en ventanas y orientación de edificios que albergaban colecciones sensibles a este riesgo”

ou exclusão de janelas, portas, claraboias, etc.), escadas ou por mudanças de outros elementos arquitetônicos e funcionais. O reflexo dessa mudança pode alterar: a circulação do público, a ventilação, a temperatura, a umidade, a iluminação do ambiente, entre outros fatores, e influenciar no estado de conservação das obras no espaço/ambiente do museu, em nosso caso, nos bens culturais escultóricos.

No lugar (entorno/sítio), as mudanças físico-espaciais e funcionais que podem ocorrer referem-se ao entorno envolvente do edifício (museu) e incluem-se a alteração da direção do trânsito, o fechamento ou abertura de ruas ou avenidas, construções novas, metrô, entre outras. Essas mudanças podem provocar o “crescimento urbano e regulações, redução de vegetação, alteração de vias de ventilação e incidência solar e, principalmente, poluição do ar” (Toledo, 2007, p. 1, tradução nossa) e, conseqüentemente, alterar as condições físicas e funcionais do lugar (espaço-ambiente), influenciando nos efeitos dos fatores do meio ambiente no edifício e nos seus bens integrados no exterior, incluindo os bens móveis e integrados, no interior.

Face aos aspectos e fatores apresentados no interior e exterior, afirma-se que é necessário conhecer e reconhecer as alterações e identificar os elementos arquitetônicos e componentes funcionais e expográficos do espaço/ambiente do museu, no interior, bem como os aspectos físicos e funcionais e as características climáticas do local e da região, lugar onde está implantado o edifício e seus bens integrados (em nosso caso esculturas), para identificar seus efeitos nas esculturas e verificar a funcionalidade do espaço/ambiente.

Para tanto, é fundamental conhecer inicialmente a tipologia arquitetônica de cada museu, ou seja, seu repertório tipológico, para identificar os elementos arquitetônicos e componentes funcionais e expográficos existentes em cada ambiente e possíveis alterações no projeto original, para posteriormente avaliar seus efeitos nos bens culturais escultóricos.

Segundo Montaner, no texto “Museu contemporâneo: lugar e discurso”, pode-se encontrar no repertório tipológico de museus,

propostas opostas entre si. Por um lado [...] os modelos museológicos colocados pelo movimento moderno [...]. Por outro lado, [...] tende-se a recuperar o sistema tradicional de salas enfileiradas, colocado

em crise o modelo de museu flexível definido pelo movimento moderno [...]. Em alguns casos quando se reabilitam museus já existentes, trata-se de reutilização tipológica. [...]. Em outros casos [...] edifícios novos tomam emprestadas estruturas tipológicas já experimentadas (Montaner, 1991, p. 35-37).

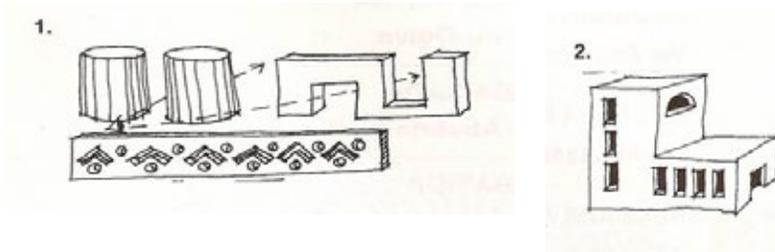
Ainda com base nesse autor, destacam-se os elementos arquitetônicos e de composição, e componentes funcionais e estéticos que definem o espaço/ambiente expográfico e museográfico do museu face ao repertório tipológico, como: ordenação espacial (distribuição formal da planta: para a percepção do espaço das obras); materialidade de fundo (leitura dos elementos que compõem o espaço interior, como piso, nichos, tetos e paredes e a relação com as obras expostas); iluminação (tipo de iluminação, artificial e natural, e sua influência sobre a obra); suporte (relacionam-se com os objetos que estão sendo expostos) (*Idem, ibidem*, p. 40). Somam-se a esses elementos as aberturas, por onde há a circulação⁴ do público e ainda por onde passa a ventilação.

Portanto, observamos que, de acordo com o repertório tipológico criado e idealizado em determinado período histórico ou no caso de reutilização tipológica em museus, podemos identificar diferentes elementos arquitetônicos e de composição, além dos componentes funcionais expográficos (pedestal, peanhas, *spots*, luminárias, etc.) que compõem o ambiente e podem influenciar nas alterações físicas e visuais dos bens culturais escultóricos. Como podemos observar, destacamos como exemplo, as aberturas em espaços museus (ver Figura 1). As aberturas são, de um modo geral:

1) qualquer afastamento entre os volumes dos elementos ou peças da construção, ou de parte deles; ou qualquer recorte em elementos ou peças que propicie um espaço vazio. 2) Especificamente, rasgo nas paredes do edifício, principalmente de portas ou janelas. (Albernaz; Lima, 1997-1998, p. 3).

⁴ Segundo Pereira (2007, p. 62), a “circulação é o elemento de ligação dos espaços”.

Figura 1: Tipos de aberturas (1) e (2)



Fonte: *Idem, ibidem*, 1997

São elementos que no interior contribuem para a circulação e

que compõem esteticamente o ambiente, que permitem a relação exterior/interior, a entrada e saída de ruído, luz e ar. Além disso, também podem ser interpretadas como um recorte do ambiente externo, pois possibilitam a extensão do olhar do indivíduo que não participa da ação observada. As aberturas externas estão sujeitas às intempéries do clima e, quando vedadas por esquadrias, possuem diferentes mecanismos de controle de abertura e fechamento, os quais são responsáveis por possibilitar a ventilação e a insolação dos ambientes internos. Aberturas mal dimensionadas e mal posicionadas podem afetar o conforto do ambiente.

[...] O projeto das aberturas deve oferecer boas soluções para a clássica função de troca de ar entre os meios interno e externo, fazendo a ventilação natural dos ambientes, valendo-se das diferentes tipologias de janelas (Almeida *et al.* 2010, p. 12).

É importante saber, em relação às aberturas, “dependendo da inclinação do terreno, a influência dos elementos externos sobre a edificação pode ser minimizada, ou mesmo, anulada. Desta forma, quanto maior a inclinação do sítio, menor a ação das barreiras naturais sobre ele, nesta direção (*Idem, ibidem*, p. 71). Assim:

A posição geográfica do sítio de intervenção, combinada com a declividade do solo e com o bioclima da região vai gerar os principais condicionantes naturais que influenciarão o tipo e quantidade de luz, calor, ventilação, incidência de chuvas, visuais, acesso, etc. (*Idem, ibidem*, p. 73).

Já em terrenos planos,

oferecem algumas facilidades, tanto para a execução quanto para o acesso. No entanto, observa-se que em terrenos planos os fatores que condicionam de forma mais restritiva a localização das aberturas referem-se à existência de barreiras externas que podem bloquear luz, vento e visão. A orientação solar, combinada a outros fatores como existência de fonte de ruído, necessidade de privacidade, etc. deverá implicar em um arranjo espacial também adequado às atividades dos habitantes nos diferentes ambientes. (*Idem, ibidem*, p. 71-72).

No ambiente interno do museu cada elemento destacado configura e tem uma função no ambiente, de acordo com as normas de habitabilidade e sustentabilidade (NBR 15575⁵). No entanto a funcionalidade desses elementos arquitetônicos pode ser comprometida por oscilações de temperatura e umidade, descontrole do fator de iluminância, alteração da qualidade do ar, insolação etc., e provocar alterações nos bens culturais escultóricos no interior de museus, sobretudo, devido à ação de fatores do meio ambiente externo (físicos, químicos, biológicos e antrópicos) que se projetam na edificação.

A porta é uma abertura que permite a circulação, acesso do público e visibilidade externa. A conformação física desta abertura, como sua dimensão, forma, fechamento e o tipo ventilação que penetra por sua dimensão física e formal poderá trazer agentes físicos, químicos, biológicos e microbiológicos provenientes do ambiente externo, alterando a sua função e a qualidade do ar do ambiente. Este aspecto pode ocorrer devido a algumas situações. Por exemplo, quando há a entrada natural de ventilação no interior ou quando essa ventilação está associada à circulação do público, fator que poderá provocar oscilações de temperatura e umidade, a circulação de poluentes/contaminantes e ainda trazer microrganismos. Esses aspectos favorecem o aparecimento de alterações físicas e químicas nas esculturas expostas no ambiente expográfico do museu.

⁵ “Estabelece parâmetros técnicos para vários requisitos importantes de uma edificação, como desempenho acústico, desempenho térmico, durabilidade, garantia e vida útil, e determina um nível mínimo obrigatório para cada um deles. Antes válida para projetos de edifícios de até cinco pavimentos, agora a NBR vale para todos os novos edifícios residenciais” (RONCHETTI, 2014, s/p). Portanto, esta norma tem a intenção de aumentar e garantir a durabilidade da construção prevista em projeto.

Portanto, é necessário observar e identificar, além dos aspectos apresentados anteriormente, a quantidade de portas existentes, a sua posição, se estão localizadas próximas a jardins, árvores, ruas, avenidas, etc., bem como a direção dos ventos no exterior que entram por estas aberturas. Essas observações contribuem para complementar os exames científicos referentes à identificação da tipologia de poluentes, dos agentes microbiológicos e as oscilações de temperatura e umidade no interior presentes no ambiente e nas obras de esculturas.

A **claraboia**, localizada na cobertura do telhado, é uma abertura

vedada por material transparente para possibilitar ou aumentar a iluminação e às vezes a ventilação em compartimentos sem acesso direto ao exterior ou de amplas dimensões. Se inclinada em relação ao plano da cobertura evita acumulação de pó sobre sua superfície, preservando sua transparência (Albernaz; Lima, 1997-1998, p. 156).

Assim, além da função apresentada, de acordo com sua projeção e dimensão física, esse elemento arquitetônico poderá ainda minimizar o aparecimento de alguns agentes microbiológicos sobre as obras, devido à entrada de raios solares. Porém, devido à incidência de iluminação natural e insolação direta, sua função pode ser comprometida e provocar alterações no ambiente e nas esculturas expostas. Além disso, poderá trazer material particulado⁶ para o ambiente, caso possua entrada de ar, que será depositado sobre a superfície desses bens culturais, provocando, em conjunto com a umidade trazida pela ventilação, o crescimento de microrganismos e outros agentes de biodeterioração.

Para determinar os aspectos destacados, é necessário investigar a radiação solar (insolação), a direção dos ventos e a direção dos raios do sol.

A **janela** é uma abertura em paredes externas, cuja função é ilu-

⁶ “O MP atmosférico pode ser definido como qualquer partícula sólida ou líquida presente na atmosfera com tamanho menor que 100 µm, dimensão após a qual as partículas não mais se mantêm suspensas no ar por grandes períodos de tempo. Um limite de tamanho mínimo também se aplica ao MP, uma vez que partículas menores que 2 nm rapidamente coagulam com outras formando aglomerados maiores (Baird e Cann, 2011). Convencionalmente, o tamanho dos particulados também pode ser referido como diâmetro, mesmo para partículas que não tenham formatos esféricos”(Ferreira, 2016, p. 2).

minar, ventilar e, ao mesmo tempo, trazer visibilidade ao interior. Podem estar localizadas nas laterais ou ser zenitais, conforme o projeto (Almeida *et al.*, 2010, p. 20). No entanto, sua função poderá ser comprometida, pois de acordo com o tipo de abertura, dimensão, orientação para o exterior, tipo de vedação e elementos complementares, poderá conduzir para o interior a ventilação natural, a luz natural e a insolação (raios solares). Logo, podem provocar oscilações de umidade e temperatura, trazer poluentes/contaminantes e a proliferação de agentes biológicos ou microbiológicos, alterando a função do ar do ambiente e comprometendo a conservação de bens escultóricos no ambiente expográfico do museu.

Para serem investigados os aspectos destacados, é necessário observar a direção e a incidência do sol e dos ventos na sua direção.

Face às aberturas apresentadas, destacamos para compreensão dos seus efeitos de alteração na escultura, a influência da ventilação natural, da luz natural e da insolação, bem como de outros elementos funcionais e de composição expográfica, como a iluminação artificial e os suportes das obras, presentes no ambiente de nosso objeto de análise.

A iluminação artificial⁷ complementa à iluminação natural⁸, proveniente de aberturas. Além das características e funções específicas de cada uma, estes elementos individualmente ou associados promovem e realçam os valores estéticos, volumétricos e formais da escultura, de acordo com o tipo de iluminação utilizada e o modo de projeção no ambiente expográfico do museu:

É na luz natural que se percebem as cores como elas realmente são, uma vez que sob diferentes tipos de iluminação artificial as cores alteram suas propriedades na percepção do olho humano. Isso faz com que

⁷ “Além das funções utilitárias e de segurança, a iluminação artificial é um elemento revelador do espaço. Nos ambientes construídos, pode auxiliar no âmbito funcional ao iluminar de forma geral ou pontual, mas também auxilia na percepção visual e criação estética, uma vez que tem o poder de destacar objetos selecionados, hierarquizar ambientes de circulação e trabalho, sinalizar percursos, entre outros. No espaço urbano, a iluminação, quando tratada de forma adequada, pode articular os diferentes elementos espaciais constitutivos da cidade, atribuindo-lhes uma personalidade reconhecível e identificadora de suas etapas de configuração” (Junqueira; Yunes, 2014, p. 4).

⁸ “Iluminação natural feita pelo telhado do edifício. Em geral decorre do uso de CLARABÓIAS, LANTERNINS, telhas ou PANOS de vidro. É indicada sobretudo para prédios de maior porte, impossibilitados de terem todos seus recintos ou ambientes iluminados por vãos de janelas ou edificações cujo uso dificulte a abertura de vãos nas paredes externas, como mercados, HANGARES e bibliotecas” (Albernaz; Lima, 1997-1998, p. 310).

a luz natural apresente muitas vantagens em relação à luz artificial. [...]. A predominância da iluminação artificial sobre a natural nas edificações é uma realidade da sociedade moderna, tanto para viabilizar as atividades noturnas quanto para suprir déficits de luz natural durante o dia. Apesar de todas as vantagens físicas e econômicas a iluminação natural ainda não é muito aplicada ao ambiente construído.

[...] A luz natural é influenciada pelos condicionantes climáticos e locais; assim, em decorrência das condições do céu, têm-se dias com maior ou menor intensidade de luz. Com sol brilhante, a luz natural é denominada luz direta, e em dias de céu nublado é denominada de luz difusa (Almeida *et al.*, 2010, p. 57).

No entanto, ambas as funções de iluminação podem de ser comprometidas e trazer uma série de alterações na obra, devido à falta de controle da intensidade de luz (concentração de luz específica na direção do objeto) no ambiente expográfico, face à fonte luminosa e ao tempo de exposição à luz. Destaca-se que a falta de controle destes agentes podem degradar física e quimicamente a camada pictórica que está sobreposta sobre as esculturas no espaço expográfico. Para esta análise deve ser utilizado o luxímetro, para registrar a intensidade em lux (unidade de medida) e ser avaliada a intensidade da iluminação.

Com a incidência de radiação ultravioleta⁹ e de radiação infravermelha, podem ocorrer danos térmicos e fotoquímicos, com alterações na camada pictórica, como esmaecimento da cor, craquelês, microfissuras e o desprendimento posterior da camada pictórica, de acordo com o tipo de material e a forma da escultura.

Portanto, deve-se compreender que:

A intensidade da iluminação de um ambiente se dá através da unidade de medida chamada lux. É definida como a iluminância que recebe uma superfície de 1m² sobre a qual incide um fluxo luminoso de um lúmen. O Princípio da Reciprocidade considera o tem-

⁹ “As radiações ultravioletas são a forma de luz mais destrutiva e energética devido ao comprimento de onda mais curto e com maior frequência e mais energia. Atingindo um objeto com maior energia e num tempo mais curto, apresenta um grande potencial de dano. A luz ultravioleta, não sendo visível ao olho humano, não faz falta ao ambiente de uma sala de exposição, e tudo deve ser feito para eliminá-la ou para que atinja o nível mínimo aceitável” (Cassares; Petrella, 2003, p. 180).

po de exposição dos objetos à radiação-luz e a intensidade da iluminação. Existe uma concordância entre os especialistas da área em que a meta de 200.000 lux/h por ano é aceitável para materiais sensíveis à luz. As opções para a exposição podem variar, por exemplo, em 50 dias com 100 lux por dia ou 50lux por 100 dias. Enfim, o somatório de lux por ano não deve ultrapassar os índices recomendados. Portanto, devemos ressaltar que é de suma importância o planejamento de tempo de exposição de um objeto, e não só pela aplicação do nível de intensidade de luz recomendada em tabelas consideradas adequadas (Cassares; Petrella, 2003, p. 190).

Observamos que o controle da intensidade de luz (lux) no objeto é fator e lugar para a conservação das esculturas face à iluminação artificial e natural no espaço expográfico do museu.

Assim, é importante observar que:

Materiais em processo de degradação têm que ser avaliados individualmente, se devem ou não ser expostos, considerando o conjunto das condições ambientais que se somam às ações da luz. Os processos de danos não ocorrem de forma isolada, mas sempre causados pelas complexas condições ambientais.

[...] Além deste estudo dos processos de danos, há ainda outros parâmetros a serem considerados. Quanto à qualidade das lâmpadas atualmente oferecidas no mercado, tanto os fabricantes como os usuários estão preocupados com o consumo e custo de energia. Então, o uso racional e econômico de energia passou a ser mais uma referência na escolha das lâmpadas utilizadas num projeto de iluminação (*Ibidem*).

Segundo Naud Collete e André Bergeron (2018), no sítio virtual do *Centre de Conservation du Quebec*,¹⁰ para avaliar os efeitos da iluminação em ambientes como museus, é preciso compreender a composição da luz, a natureza do material, a intensidade da luz e a duração da obra em exposição. A intensidade da luz deve ser reduzida, deve haver o controle

¹⁰ BERGERON, André; COLLETE, Naud. La lumière et l'éclairage. Disponível em: <http://www.cccq.gouv.qc.ca/index.php?id=170#c227>. Acesso em: 10 ago. 2018.

de duração da exposição, eliminação de ultravioleta e a manutenção das obras sem iluminação nas reservas, eliminando-a quando não há a presença de visitantes. O ideal é a busca de um equilíbrio entre acessibilidade e preservação a longo prazo.

A **ventilação natural** tem a função de trazer o conforto térmico, refrescando o ambiente, pois adequa o clima no interior do ambiente arquitetônico pela troca de ar controlada pelas aberturas. Com isso, pode purificar o ar e controlar a umidade, evitando a formação de agentes microbiológicos (fungos, ácaros, vírus e bactérias). Assim, é necessário compreender que:

As trocas de ar interno por externo são imprescindíveis em qualquer período do ano, no entanto, as necessidades no inverno e no verão são diferentes. No período mais quente do ano, a ventilação ajuda a remover o excesso de calor existente em ambientes internos, facilita as trocas térmicas do corpo humano com o meio ambiente e resfria a edificação evitando o aquecimento do ar interno (Almeida *et al.*, 2010, p. 59).

No interior, a ventilação cruzada é um dos procedimentos usados para amenizar o calor no ambiente através da criação de aberturas “com correntes de ar, de modo que ambientes ou compartimentos sejam atravessados de ponta a ponta por elas, sem criar desconforto para seus usuários” (Albernaz, 1997-1998, p. 654). Para tanto é necessário observar a orientação do edifício face à influência dos ventos em acordo com o projeto.

A ventilação natural promove o resfriamento de uma edificação. Assim, é importante identificar as condições climáticas da região e os limites de sua aplicação e utilização. Logo, pode-se obter um desempenho térmico eficiente, reduzindo gastos com a utilização de sistemas de ar-condicionado. No entanto, é preciso investigar o clima local e regional, a forma e o entorno do sítio onde será inserida a edificação. Somam-se a essa investigação a identificação da topografia local, que pode alterar, sobretudo, a “direção do vento, a velocidade e umidade do ar” (Almeida *et al.*, 2010, p. 60), que se refletem para o interior pelas aberturas.

Por fim, deve ser investigada e considerada a vegetação do entorno, se existente no projeto ou incluída posteriormente. Face à análise de seu porte, sua posição e o volume, pode-se compreender o tipo de ven-

tilação (qualidade do ar e velocidade) que transita para o interior, face as aberturas.

As funções da ventilação apresentadas podem ser comprometidas de acordo com os condicionantes do entorno do objeto, qual seja: no ambiente interior ou no exterior. A ventilação poderá trazer poluentes/contaminantes, microrganismos, ou reagir com produtos químicos em suspensão, provenientes de processos de limpeza, de mobiliários entre outros componentes expográficos existentes.

Outro aspecto que poderá provocar alteração são as oscilações de temperatura e umidade do ambiente, que podem conduzir à proliferação de agentes biológicos e microbiológicos. Logo, podem alterar física e quimicamente a materialidade da escultura, causando o desprendimento da camada pictórica, perda de coesão do material, alterações mecânicas, entre outros danos, devido à mudança da qualidade do ar no interior no ambiente.

A **insolação** na arquitetura tem a função de trazer o conforto térmico para o ambiente arquitetônico, mas é importante conhecer e identificar que, ao alterar as condições de conforto, sobretudo no que tange à exposição aos raios solares/radiação. deve-se compreender que a orientação da construção influencia na quantidade de calor que chega ao edifício e aos seus bens integrados. Portanto,

Para proteger a envoltória de uma edificação, seja com elementos construídos, seja com vegetação, é necessário poder-se determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos. (Rota; Schiffer, p. 75, 2001)

Logo:

O Sol, importante fonte de calor, incide sobre o edifício representando sempre um certo ganho de calor, que será função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos paramentos do edifício. Os elementos da edificação, quando expostos aos raios solares, diretos ou difusos, ambos radiação de alta temperatura, podem ser classificados como: a) opacos; b) transparentes ou translúcidos. (*ibidem*).

A partir desta classificação se determina o tipo de reação do material do edifício face à incidência dos raios solares. Portanto, os efeitos da insolação devem ser observados na configuração física do edifício, no lugar onde está implantado, no seu entorno envolvente e ainda na sua direção em relação ao edifício ou a uma abertura. Para tanto, devem ser investigadas as características do projeto e se ocorreram alterações no mesmo, para ser avaliada a incidência da insolação sobre determinadas superfícies, com a absorção, a reflexão ou a transmissão da radiação solar. Assim, pode ser identificada sua ação e o tipo de ganho de calor. Esses aspectos são determinantes para a preservação do acervo de escultura no ambiente expográfico caso sejam identificadas aberturas com a passagem de insolação no entorno das obras expostas.

Para o controle e identificação da insolação no projeto, deve-se

recorrer a algumas noções básicas da Geometria da Insolação, a qual possibilitará determinar, graficamente, os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano (Frota; Schiffer, 2001, p. 75).

O método utilizado na geometria da insolação para esta determinação são as cartas solares¹¹.

Os **suportes** no ambiente expográfico “convertem-se em outro tipo de peça de valor artístico, colocando-se num nível intermediário entre a arquitetura do edifício e a identidade de cada peça” (Montaner, 1991, p.40). Além dessas características, eles contribuem também para o transporte, manuseio e a exposição da obra. No entanto, sua função pode ser alterada face à sua técnica de representação, de construção e à sua materialidade, ou seja, como pedestal ou peanha de obras de escultura, podem apresentar instabilidade física e alterações visuais. Esse aspecto é provocado pelos fatores ambientais, como as oscilações de temperatura e umidade, que podem provocar a manifestação de agentes biológicos e microbiológicos e causar instabilidade física, desprendimentos e descolamentos da camada pictórica, rachaduras por movimentações mecânicas, entre outras alterações. Essas alterações podem estar associadas à in-

¹¹ “Na prática, para determinar o ângulo de incidência do Sol sobre uma superfície específica, utilizam-se as cartas solares, que consistem na representação gráfica das trajetórias aparentes do Sol, projetadas no plano do horizonte do observador, para cada latitude específica” (Frota; Schiffer, 2001, p. 75).

fluência da iluminação artificial e natural, devido aos efeitos de iluminância e ao mesmo tempo de insolação, de acordo com a posição do edifício e das aberturas face à radiação solar. Todos esses fatores podem agir em conjunto e alterar física e quimicamente o suporte, e poderão comprometer a conservação das esculturas.

Para a finalidade de conservação dos acervos de escultura em museus, é preciso conhecer o repertório tipológico e as condições de conforto ambiental da construção em análise. A identificação dos agentes físicos, químicos, biológicos e antrópicos que ocorreram no ambiente e nas obras, face aos elementos arquitetônicos e de composição e os componentes expográficos, possibilitam avaliar a condição física e funcional do espaço/ambiente.

No entanto, para avaliar a condição física e funcional do espaço/ambiente e seus efeitos sobre os bens culturais escultóricos, é necessário compreender também a natureza material, técnica e artística das esculturas, bem como seu estado de conservação, função e sua relação com o lugar. Incluem-se ainda nessa análise as características volumétricas e formais de cada obra.

Face à investigação e à identificação dos aspectos e das características anteriormente destacadas, pode-se prever a vulnerabilidade desses bens aos diferentes fatores ambientais em face da funcionalidade dos elementos arquitetônicos do edifício do museu e do lugar. Assim, pode-se “determinar posteriormente se as condições ambientais analisadas são adequadas ou não” (Herráez *et al.*, 2014, p. 17, tradução nossa)¹².

Para o estabelecimento de medidas pertinentes à preservação de um acervo de museu, sejam coleções ou obras individuais, é necessário, segundo Mishalshi (2004), “Estabelecer prioridades e avaliar os riscos”; assim, destaca que toda ação de

preservação do património, incluindo o relativo ao acervo do museu, depende de duas fases da tomada de decisões: 1. Seleção: o que pode e deve ser preservado relativamente aos recursos disponíveis do museu? 2. Avaliação e gestão dos riscos: utilizar recursos humanos e outros para reduzir possíveis danos (Mishalshi, 2004, p. 55).

¹² “[...] determinar posteriormente si las condiciones ambientales analizadas son adecuadas o no”.

O autor afirma ainda que:

Existem vários métodos para classificar e listar as causas potenciais de perda e danos do acervo. No entanto, ao tentar compreender e planejar a preservação, é necessário escolher um único ponto de vista sobre estas causas para depois aplicá-lo constantemente. Também é importante que a lista de causas seja completa, de forma que no nosso trabalho de preservação do acervo, não nos esqueçamos de nada (*Ibidem*).

Com foco na preservação dos bens culturais escultóricos, apresentamos na sequência, a descrição dos efeitos de poluentes atmosféricos, a temperatura e umidade do ar presentes no exterior, que podem ter reflexo no ambiente interior, face às aberturas, as quais podem oferecer risco à integridade física, química e visual da escultura.

Os poluentes atmosféricos encontram-se tanto no ambiente interior como no exterior e podem degradar potencialmente a estrutura e o aspecto de esculturas quando associados a contaminantes, provocando alterações como manchas, escurecimento, aparecimento de agentes microbiológicos, e provocar ainda uma série de danos pela concentração de material particulado na superfície da obra.

Os poluentes atmosféricos

são gases e partículas sólidas (poeiras, pós e fumos) resultantes das atividades humanas e de fenômenos naturais dispersos no ar atmosférico. Desta forma, classificam-se nessa categoria, os gases e partículas expelidos por veículos e indústrias e também aqueles oriundos da degradação da matéria orgânica, vulcanismos e outros fenômenos naturais. Incluem-se nesta lista as substâncias formadas pela reação de certos poluentes com a radiação advinda do sol. Os poluentes atmosféricos são geralmente classificados como primários ou secundários. Poluentes primários são os contaminantes diretamente emitidos pelas fontes para o ambiente, como no caso dos gases dos automóveis (monóxido de carbono, fuligem, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos e outros). Já os poluentes secundários resultam de reações dos poluentes primários com substâncias presentes na camada baixa da atmosfere-

ra e frações da radiação solar, como, por exemplo, a decomposição de óxidos de nitrogênio pela radiação ultravioleta oriunda do sol na formação de ozônio e nitratos de peroxiacetila (Brasil, 2019, s/p).

Observamos, anteriormente, como se formam os poluentes atmosféricos e identificamos, face às suas categorias, quais sejam, poluentes primários ou secundários, aqueles que podem reagir com a matéria dos bens culturais, como é o caso de sua ação sobre a superfície das esculturas em ambiente de museus. Esses poluentes podem desestabilizar e alterar física, química e visualmente o aspecto desses patrimônios culturais.

Em relação à temperatura e à umidade do ar no interior da edificação, devem, sobretudo, ser observadas quando tratamos das condições ambientais de um museu. Devemos estar atentos às oscilações, aumento ou diminuição de temperatura e a umidade relativa no espaço-ambiente.

A temperatura do ar

influencia diretamente a umidade do ar, pois quanto maior a temperatura maior é a capacidade do ar em manter vapor d'água. Portanto, locais com clima quente podem possuir uma atmosfera mais úmida do que os locais com clima frio. A massa de vapor d'água por quilograma de ar é denominada de umidade específica. Entretanto, outra maneira de expressar a umidade atmosférica é através da umidade relativa do ar. Essa é uma grandeza que indica quanto vapor d'água ainda é necessário para o ar atingir a saturação, ou seja, para estar com todo o conteúdo de vapor d'água que pode manter (100%) (Souza, *et al.*, 2016, p. 5).

O desequilíbrio de temperatura e de umidade relativa pode provocar o aparecimento de material biológico (algas, líquens, etc.) e microbiológico (bactérias e fungos), que agem muitas vezes em conjunto com poluentes, desestabilizando camadas pictóricas, provocando descolamentos e craquelês, a movimentação de suportes, a corrosão da ferragem ou a degradação de estruturas como a madeira (produzindo rachaduras, fissuras e perda de suporte), entre outros danos. Por isso, a climatização artificial e a preocupação com as aberturas. Logo:

As alterações ambientais – flutuações de T e UR – que podem ocorrer no interior dos edifícios e deteriorar os objetos, podem ser classificadas por longas e curtas. As longas referem-se às variações sazonais, e são menos danosas ao acervo, pois estes têm a possibilidade de se aclimatar, visto o tempo demorado de ocorrência. Já as diferenças climáticas consideradas curtas são aquelas que podem ocorrer naturalmente durante o dia e a noite, pela variação climática, ou no caso de ambientes climatizados, ao ligar e desligar dos equipamentos. Estas são as mais danosas, pois os materiais têm pouco tempo de adaptação às flutuações. (Silva, 2016, p.84-85).

Portanto, para a finalidade de conservação da escultura, importa saber que a umidade relativa “é um indicador muito útil do conteúdo de vapor de água no ar” (Herráez *et al.*, 2014, p. 23, tradução nossa)¹³ e a temperatura “indica o nível de energia cinética de suas moléculas” (*Ibidem*)¹⁴. O índice (faixa) adequado deve ser de acordo com cada tipo de material e a sua relação com o ambiente.

Ambos os parâmetros estão inter-relacionados, com a umidade relativa sendo a função inversa da temperatura. Ambos, naturalmente, mostram uma variação contínua, dependendo de vários fatores das condições meteorológicas locais, as ações do homem na gestão do meio ambiente, e em nossa atividade, as condições de exposição ou depósito¹⁵ (*Ibidem*).

Portanto, a condição de equilíbrio da temperatura e da umidade será uma premissa para a estabilidade física e química da materialidade da obra, além do conhecimento e da investigação dos condicionantes destacados anteriormente.

Por fim, outro aspecto fundamental, que deve ser considerado para a conservação desses patrimônios culturais face aos condicionantes

¹³ “(...) es un indicador muy útil del contenido de vapor de agua en el aire” (...)

¹⁴ “(...) indica el nivel de energía cinética de sus moléculas”

¹⁵ “Ambos parámetros están interrelacionados, siendo la humedad relativa función inversa de la temperatura. Ambos, de forma natural, muestran una variación continua en función de diversos factores de las condiciones meteorológicas locales, las acciones del hombre en el manejo del medio, y en nuestra actividad, las condiciones de exhibición o depósito”

do ambiente interno, é o conhecimento das características formais, volumétricas e a técnica construtiva da obra de escultura.

Características formais, volumétricas e a técnica construtiva da escultura face ao ambiente

Após a apresentação de alguns fatores ambientais e seus efeitos na escultura, acrescento que deve ser realizada a análise visual da obra, observando como se conforma o volume e a forma da escultura.

Para essa observação e identificação, tem-se como referência a reflexão do teórico Rudolf Arnheim contida em seu livro *Arte e Percepção Visual: uma psicologia da visão criadora*¹⁶ (1997). Para o autor (1997), os estudos dos gestaltistas¹⁷

deixaram claro que, com muita frequência, as situações que enfrentamos têm suas próprias características que exigem que as percebamos apropriadamente. O ato de olhar o mundo provou exigir uma interação entre propriedades suprimidas pelo objeto e a natureza do sujeito que observa. Este elemento objetivo da experiência justifica as tentativas para distinguir entre concepções adequadas e inadequadas da realidade. (Arnheim, 1997, p.13).

Ainda segundo Arnheim, um dos fatores que influenciam diretamente na percepção é a relação de contraste entre figura e fundo, na sua abordagem referente à percepção da obra no espaço. Para esse autor, “as regras que governam a relação entre figura e fundo podem ser aplicadas ao volume tridimensional, notadamente à escultura. Procurar-se-á isto,

¹⁶ Nesse livro, Arnheim busca dar continuidade à sua investigação referente à percepção visual nas artes, iniciada na primeira edição do livro, publicado em 1954. O autor procura demonstrar e confirmar fenômenos visuais relevantes para as artes e tem como base a teoria da Gestalt, estabelecida no século XX.

¹⁷ “(...) investiga a experiência psicológica tomando como referência não a noção de sensação, mas sim aquilo que aparece tal e qual aparece na experiência perceptiva do sujeito ingênuo. [...] não se trata mais de referir o percebido a um dado físico preconcebido como verdadeiro. Ao contrário, trata-se de ler no próprio percebido o sentido que ele intrinsecamente revela. O estudo da experiência nos parâmetros gestaltistas implica de saída não uma adequação a um dado físico, mas sim a explicitação do sentido intrínseco que o percebido assume na perspectiva do sujeito ingênuo” (Moraes, 2016, p. 306-308)

aqui, somente para a concavidade¹⁸ e a convexidade¹⁹” (*Idem, ibidem*, p. 231).

Afirmamos que a relação entre figura e fundo e a existência de características formais de concavidade e convexidade na escultura configura um diferencial na identificação dos agentes físicos, químicos e biológicos ambientais que agem na escultura, de acordo com seu volume, a forma (geometria) e o tipo de escultura, face à sua representação no espaço.

Arnheim (1997) afirma que:

(...) visualmente uma estátua e o espaço circundante podem ser considerados como dois volumes contíguos – se na verdade desejamos considerar o ambiente como volume, ao invés de mero vazio, uma vez que a estátua parece monopolizar as qualidades da figura. A estátua e o volume limitado, menor, e tem textura, densidade e solidez. A estas qualidades perceptivas praticamente toda escultura em toda história da arte acrescentou convexidade. A estátua é concebida como em aglomerado de formas esféricas ou cilíndricas que apresentam convexidades exteriores. As instruções no bloco e mesmo as perfurações são tratadas como interstícios, isto é, como espaço vazio entre sólidos que monopolizam a superfície externa. É verdade que, como o pintor, o escultor tem observado estes espaços negativos, mas tradicionalmente eles desempenham um papel menor na escultura do que na pintura, onde mesmo o fundo é parte de uma superfície substancial e limitada (*Idem, ibidem*, p. 232).

No que se refere às concavidades estas,

ocorrem ocasionalmente, em particular na escultura helenística, medieval, barroca e africana. Na figura de Luis XVI, de Bernini, os cachos e as dobras ondulantes colhem ar em seus vazios côncavos. Nestes

¹⁸ Qualidade daquilo que é côncavo, isto é: “Que tem a superfície mais funda no centro do que na borda”, ou: “Que tem reentrância ou escavação irregular na superfície” (AULETE, 1980, s/p).

¹⁹ Qualidade daquilo que é convexo, isto é: “Que forma uma saliência arredondada para fora (como a parte externa de um círculo ou de uma esfera)” (Aulete, 1980, s/p).

exemplos, contudo, as concavidades estão inteiramente subordinadas às convexidades das unidades maiores que no máximo contribuem para um enriquecimento menor. Foi somente depois de 1910 que escultores com Arquipenko e Lipchitz, e mais tarde especialmente Henry Moore, introduziram limites e volumes côncavos para rivalizar com as concavidades tradicionais. (*Ibidem*). (Ver Figura 2).

Figura 2: Escultura Barroca: Luís XVI, de Bernini



Fonte: CEISSON *et al.*, 1991, p. 768

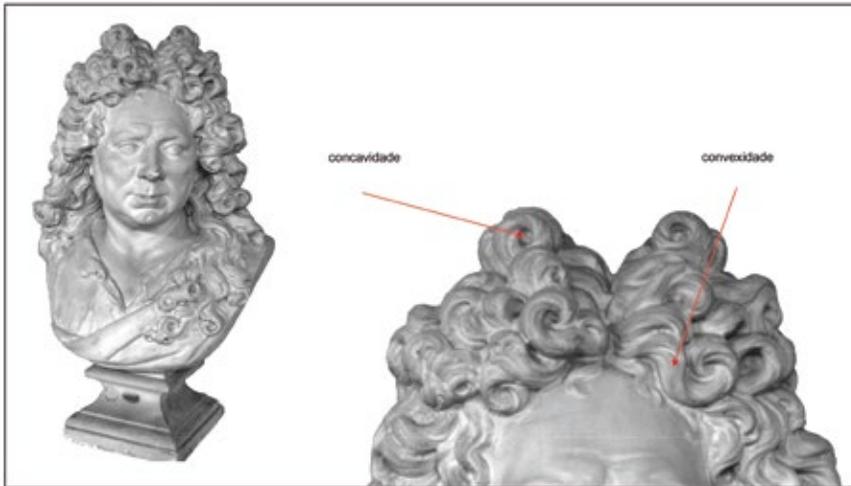
Essas formas e representação volumétrica anteriores, poderão ser observadas na escultura enquanto bem móvel, bem como nas esculturas vinculadas à arquitetura (bens integrados). Assim:

Observou -se que a concavidade torna a estátua essencialmente autocontida e independente. Isto cria um problema para qualquer combinação de uma peça de escultura com outras de seu tipo ou com a arquitetura. Os grupos escultóricos de figuras humanas, exceto aqueles fundidos num bloco, nunca foram muito além de fileiras de unidades isoladas ou tipo de agrupamento solto conseguidos pelos bailarinos ou atores. De modo similar, a fim de adaptar mais intimidade a escultura aos edifícios, estes tinham que proporcionar a concavidade aos nichos (Arnheim, 1997, p. 233).

A escultura adquiriu diferentes volumes e formas (concavidade e convexidade) de acordo com cada período histórico que representou. Logo, afirma-se que a investigação das características físico-formais de concavidade e convexidade se revela pela percepção visual e é o lugar da ação pontual de determinados agentes físicos, químicos e biológicos que degradam a escultura. Esse processo ocorre de acordo com a forma e o volume da escultura, sua relação e projeção no edifício e no espaço/ambiente.

Nessa concepção, as formas côncavas poderão ser locais de maior umidade e acúmulo de contaminantes, e podem ser uma área de difícil acesso para procedimentos de limpeza. Esse aspecto poderá provocar a proliferação de agentes biológicos e microrganismos, insetos, líquens etc., e degradar a escultura. Essas características podem ser observadas nos espaços vazios das dobras de planejamentos e nos cachos dos cabelos representados, ou na acentuada torção anatômica, mais comuns em determinadas esculturas da tradição (relevos, escultura de pleno vulto, grupo escultórico, esculturas equestres, jacentes, entre outras) e ainda no espaço vazio, reentrâncias e encaixes de uma escultura moderna/contemporânea (construções, assemblagens, etc.). De modo oposto à concavidade, a convexidade (extremidades) na escultura será uma zona de desgastes pelo vento, local de sobreposição de material particulado, zona de maior impacto de temperatura (insolação), de iluminação natural e artificial e chuvas e ações humanas (ver Figura 3).

Figura 3: Zonas de acúmulo de contaminantes e de agentes de degradação e biodegradação (concauidade e convexidade na escultura – exemplos). Réplica Charles Antonie Coysevox



Fonte: (RIBEIRO, 2019, p.117)

Por fim, temos os efeitos dos agentes ambientais na construção da escultura, de acordo com cada tipologia: gesso, madeira policromada, pedra, argamassa, marfim, metal, polímeros, entre outras. Compreende-se que cada obra possui uma técnica de construção e um tipo de material ou vários materiais associados à sua construção. Portanto, se a técnica de construção e o material forem utilizados fora dos padrões, podem trazer alterações atuais e futuras nas obras face às condições ambientais.

Para o controle dos fatores ambientais que incidem em bens culturais escultóricos é preciso conhecer a obra, não só do ponto de vista da investigação material, histórica e artística, mas também deve-se compreender aspectos da configuração volumétrica e formal da escultura e como a obra está projetada no espaço/ambiente: seja no espaço expográfico, sobre suportes, em nichos ou individualmente (bens móveis) ou na edificação (bem integrado), no interior ou no exterior, nas fachadas (em nichos, projetada para fora ou mais recuadas) e sobre a edificação (apresentam-se livres, encostadas, etc.).

Na Galeria de Moldagens I no MNBA, encontram-se alguns exemplos e detalhes referentes a diferentes técnicas construtivas, as quais denotam as características técnico-artísticas das réplicas clássicas

adquiridas dos ateliers franceses, que diferem em alguns elementos estruturantes e de ligação nas técnicas que foram desenvolvidas (ver Figura 4).

Figura 4: Técnica construtiva da réplica da escultura Antínoo e detalhe dos elementos estruturais e de ligação - imagem (a) e b)



Fonte: A autora

Com a observância das características formais e volumétricas (referentes à técnica construtiva), de cada tipo de escultura será possível avaliar com pertinência a ação dos agentes físicos, químicos e biológicos contidos no ambiente interno e também no externo e seus efeitos em toda extensão física da escultura, face à sua projeção no espaço, qual seja, sua relação com a arquitetura.

Como manter e preservar os acervos escultóricos de museus: recomendações e métodos para conservação preventiva

A prática referente à investigação da conservação preventiva seguiu na década de 1970 e vem até o momento atual de (2019), com estudos e recomendações específicas, conceitos e aplicações e seu pla-

nejamento face aos riscos das coleções²⁰ em museus e outras instituições que demandam dessa atividade para controle de suas obras e acervos.

O reflexo e a aplicação desses estudos estão presentes no dia a dia dos museus que precisam estabilizar física e quimicamente seus bens culturais face ao controle de aspectos de iluminação (artificial e natural) e insolação, avaliação da qualidade do ar (investigação de poluentes/contaminantes, temperatura e umidade) entre outros aspectos que estarão presentes no interior ou no exterior do ambiente.

Porém, os métodos de conservação preventiva devem ser aplicados considerando cada tipologia representada, pois as obras reagem de modo diverso às condições ambientais, como é o caso das esculturas destacadas neste capítulo. Portanto, destacamos as recomendações e métodos para conservação preventiva desses bens.

As propostas referentes às recomendações e métodos apresentados na sequência, podem ser aplicadas a diversos tipos de esculturas, da tradição ao período contemporâneo. No entanto, deve-se realizar um estudo específico de cada escultura, do seu estado de conservação, identificar sua função e a relação com o lugar, face à verificação e identificação dos condicionantes do espaço-ambiente para sua estabilidade física e química.

Assim, dividiremos em 3 itens tais contribuições, de acordo com os preceitos de conservação preventiva destacados, que são na sequência fundamentais para a preservação das esculturas no interior, as quais sofrem alterações que são reflexo dos condicionantes externos.

O primeiro item a que daremos destaque relaciona-se às questões referentes à identificação e investigação da escultura do ponto de vista artístico, técnico e material. O segundo ponto aborda o estudo do edifício, elementos arquitetônicos e componentes funcionais expográficos do espaço-ambiente interior. Já o terceiro item relaciona-se à investigação do lugar (entorno envolvente). Os Quadros 1 a 3, a seguir, apresentam as recomendações gerais para conservação preventiva de esculturas em edifícios de museus.

²⁰ Carta Italiana de Restauro (1972); Recomendação sobre a Proteção de Bens Culturais Móveis da UNESCO (1978); o livro *The Museum Environment*, de Garry Thomson (1978); *La conservación el patrimonio: carrera contrarreloj* (1986); [...] *Work of Smithsonian Scientists Revises Guidelines for climate Control in Museums and Archives*, de Marion Mackenbug, Charles Tumosa, David Erhardt e Mark MacCormick (1994); [...] *Código Deontológico de ética* (2006); *Delta Plan for the Preservation of Cultural Heritage* (2004), entre outras. (Idem, *ibidem*).

Quadro 1: Recomendações Gerais para Conservação Preventiva de Esculturas em Edifícios Museus: Identificação e investigação da Escultura		
Escultura	Tipo da escultura, aspectos históricos e artísticos	Identificar se é uma escultura com característica tradicional, moderna ou contemporânea, dimensões, período histórico, estilo, simbologia, significado, iconografia, etc.
	Origem, período de Inserção e função no lugar	Investigar quando a obra chegou à instituição e quanto tempo se encontra no local analisado, a quem pertence ou pertencia, sua função no lugar ou por quais lugares passou,
	Objeto de fruição ou funcional	Pesquisar se a obra investigada representa um objeto devocional, museístico, funerário, científico, entre outros.
	Tipo de bem cultural	Investigar e identificar se as esculturas em análise são bens integrados ou móveis (transitórios ou relacionais). Fator fundamental para avaliação das recomendações e metodologias para conservação preventiva.
	Suporte/materialidade	Investigação do tipo de suporte e acabamentos (material de construção da obra, se são orgânicos ou inorgânicos, ou se são construídos com ambos).
	Técnica construtiva	Investigar e identificar a maneira de construir a obra (estruturas, amarrações, encaixes, etc) bem como quais materiais foram utilizados.
	Características de concavidade e convexidade	Observar e identificar o volume e a forma da escultura (lugar de maior e menor concentração de poluentes/contaminantes, de agentes biológicos ou microbiológicos).
Estado de conservação do suporte e acabamentos	Analisar materiais agregados que diferem do original e demais alterações na escultura, através de exame organoléptico, técnicas físico-químicas ou exames por imagem e/ou para identificar agentes biológicos ou microbiológicos etc.	
	Localização da obra no lugar-ambiente	Identificar e situar a obra no espaço-ambiente para verificar a influência do meio.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 2: Recomendações Gerais para Conservação Preventiva de Esculturas em Edifícios Museus: Identificação e investigação do edifício, dos elementos arquitetônicos e componentes funcionais expográficos		
Edifício, elementos arquitetônicos e componentes funcionais expográficos	Localização geográfica do edifício	País, estado e endereço para identificar a orientação solar e dos ventos, entre outros condicionantes.
	Tipo da edificação e os registros de configuração físico-formal arquitetônica e aspectos históricos.	Identificar se o edifício tem característica tradicional ou moderno-contemporâneas ou refere-se a uma reutilização tipológica. Fazer o levantamento da planta baixa, cortes e vista. Pesquisar sobre questões históricas: políticas, econômicas, sociais e culturais que possam ter alterado a configuração do edifício.
	Elementos arquitetônicos, funcionais e componentes expográficos existentes.	Tipos de aberturas (janelas, portas, claraboias, etc) bem como componentes funcionais e expográficos: iluminação artificial e natural, bases, peanhas, luminárias, refletores, pedestais, etc.
	Características e especificações do projeto arquitetônico do edifício e do sítio.	Identificar os aspectos do conforto higrotérmico, acústico, lumínico. Verificar a qualidade do ar, a direção dos ventos e do sol, tipo e a espessura das paredes, características do solo e a implantação física no lugar.
	Organização físico-funcional do edifício museu	Investigar se no local há equipe de conservadores, bombeiros, faxina e segurança para a proteção direta do acervo e demais funcionários para ações indiretas face às demandas do acervo. Equipamentos e sistema de segurança, facilidade e acesso às saídas, controle do público no espaço expográfico, etc. Assim deve-se observar a gestão dos riscos bem como a gestão de pessoas para a conservação preventiva das esculturas.
	Fatores ambientais físicos, químicos biológicos e antrópicos	Investigar e registrar a temperatura e a umidade relativa (para cada tipo de escultura e seus materiais) bem como encontrar o equilíbrio com os componentes funcionais do espaço expográfico e o conforto humano; a iluminação natural e artificial (tipos de lâmpadas e a quantidade de luz apropriada para o ambiente expositivo e a materialidade da escultura – deve-se compreender a composição da luz e sua intensidade sobre a obra); a insolação (devem ser observados a configuração física do edifício e o lugar onde está implantado, o entorno envolvente e sua direção em relação ao edifício ou a uma abertura, bem como registrar a incidência da radiação ultravioleta sobre a escultura), os poluentes/contaminantes (analisar o tipo de poluente e o que ele pode causar à obra) e os agentes biológicos e microbiológicos, bem como avaliar as características climáticas da região. Deve-se ainda investigar sobre a utilização de produtos de limpeza, a embalagem, o manuseio e transporte das esculturas, vandalismos, etc., provocados pelo homem no espaço expográfico.
	Componentes funcionais e expográficos	Investigar as alterações físico-químicas por exame organoléptico, técnicas físico-químicas ou exames por imagem, exames referentes à presença de agentes biológicos ou microbiológicos, etc. em determinados componentes funcionais expográficos (bases, peanhas, pedestais, etc.) e seus efeitos no estado de conservação da escultura.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 3: Recomendações Gerais para Conservação Preventiva de Esculturas em Edifícios de Museus: Identificação e investigação do lugar		
Lugar (entorno envolvente)	Identificação do lugar	Identificar se é uma zona rural, urbana, industrial, costeira etc. e observar a inserção do edifício na malha urbana; cortes, perfis, etc.
	Identificação de aspectos físicos, funcionais e históricos do lugar	Realizar pesquisas históricas e atuais referentes ao lugar, implantação de ruas, avenidas, direção de ruas, a presença de vegetação, a posição geográfica do sítio de intervenção combinada com a declividade do solo e com o bioclima da região etc.
	Fatores ambientais físicos, químicos biológicos, antrópicos e naturais no lugar	Investigar e registrar a oscilação e instabilidade da temperatura e umidade do ar, a presença de poluentes atmosféricos (a qualidade do ar), tipo de chuvas e precipitação, pressão atmosférica, evaporação, nebulosidade, incidência de radiação solar, de ventos, fenômenos naturais (terremoto, inundações, maremoto, etc.) e as ações realizadas pelo homem (novas construções, vegetação, metrô, obras, trânsito, incêndio, abrasões, arranhões, pichações etc.), os quais poderão alterar as condições ambientais do lugar e reagir direta ou indiretamente com a materialidade da escultura.

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5: Ações para de conservação preventiva do Acervo do Museu D. João VI, em 2019-2020



Fonte: A autora

Após a exposição detalhada de recomendações e métodos para a preservação de esculturas em edifícios museus, denota-se a importância, sobretudo, da identificação do tipo de escultura e de sua relação com a arquitetura e o lugar (entorno envolvente) como medida para a identificação dos efeitos dos condicionantes no seu estado de conservação. Observar as Figuras 5 e 6, as ações de conservação preventiva, face à investigação do ambiente.

Figura 6: Métodos de conservação preventiva do Acervo do Museu D. João VI, em 2021



Fonte: A autora

Considerações finais

Face aos aspectos e fatores apresentados no interior e exterior, apontamos e destacamos que é necessário conhecer e reconhecer as alterações e identificar os elementos arquitetônicos e componentes funcionais e expográficos do espaço/ambiente do museu, no interior, bem como os aspectos físicos e funcionais e as características climáticas do local e da região, lugar onde está implantado o edifício e seus bens integrados (em nosso caso esculturas), para identificar seus efeitos nas esculturas e verificar a funcionalidade do espaço/ambiente.

Para tanto, é fundamental conhecer inicialmente o tipo arquitetônico de cada museu, ou seja, seu repertório tipológico, para identificar os elementos arquitetônicos e componentes funcionais e expográficos

existentes em cada ambiente e possíveis alterações no projeto original, para posteriormente avaliar seus efeitos nos bens culturais escultóricos.

Denota-se que os diferentes tipos de museus, a localização e a variedade de obras contidas em um acervo, necessitam de diferentes ações para conservação. Desta forma, antes de qualquer ação direta na obra precisamos cuidar do espaço/ambiente que agrega as obras, analisando, identificando e promovendo ações para o gerenciamento de riscos, utilizando-se de conceitos de conservação preventiva.

No texto aqui apresentado podemos observar que a funcionalidade do espaço-ambiente é fundamental para a conservação das esculturas. A preservação dessas obras necessita da elaboração de métodos e do entendimento específico de todos os fatores que estão presentes no interior e no exterior. Os condicionantes apresentados deixaram claros a influência e os efeitos do ambiente no estado de conservação das esculturas. Efeitos que precisam ser eliminados quando possível ou minimizados através de medidas de conservação preventiva.

Por fim, destacamos que é preciso entender o seu sentido artístico-conceitual, a sua relação física e funcional com o espaço-ambiente e o lugar, compreendendo a técnica construtiva da obra, incluindo sua forma e volume, aspectos que auxiliam nas ações de preservação face à especificidade de cada bem cultural.

Referências

ARNHEIN R. *Arte e Percepção Visual: uma psicologia da visão criadora*. São Paulo: Livraria Pioneira, 1997.

CASSARES, N. C; PETRELLA, Y. L. M. M. Influência da radiação de luz sobre acervos museológicos. *Anais do Museu Paulista*. São Paulo. N. Sér. v. 8/9. p. 177-192 (2000-2001). Editado em 2003.

CARRADORI, F. *Istruzione Elementare per gli Studiosi della Scultura*. Firenze: s/ed., 1802.

CENTRE DE CONSERVATION QUEBEC. *La lumière et l'éclairage*. Disponível em: <<http://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=170#c227>>. Acesso: agosto de 2018.

CHAPMAN, J. *Storing and Handling Plaster Objects. Conserve O Gram*.

Washington DC, 8/2, 1997. Disponível em: <<http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/08-02.pdf>>. Acesso em: 5 mai. 2013.

CHING, D. K. F; BINGGELLI, C. *Arquitetura de interiores ilustrada*. 2013. Disponível em: <http://srvd.grupoa.com.br/uploads/imagensExtra/legado/C/CHING_Francis_D_K/Arquitetura_Interiores_Ilustrada_3Ed/Lib/Cap_01.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

CLARK, R. H; PAUSE, M. *Arquitectura: temas de composición*. Ciudad de México: Gustavo Gili, 1997.

CLERIN, P. *La sculpture: Toutes les techniques*. Paris: Dessain et Tolra, 1988.

COSTA, L. M. *Museologia Artes e Políticas de Patrimônio*. Rio de Janeiro: IPHAN, 2002, p.317-320.

D’ALESSANDRO, L; PERSEGATI, F. *Scultura e calchi in gesso storia, tecnica e conservazione*. Roma: L’Erma di Bretschneider, 1987.

DANIEL, V; PEARSON, C. Controle de pragas em museus: visão geral. In: MENDES, M. B. et al. (org.). *Conservação: conceitos e práticas*. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001, p. 211-246.

FERNÁNDEZ. G. F. *La conservación preventiva de bienes culturales*. Madrid: Alianza Editorial, 2013.

FERNÁNDEZ, A, M, B. *Conservación de esculturas de hormigón: efecto de consolidantes en pastas y morteros de cemento*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid/Facultad de Bellas Artes, 2015.

FERREIRA, V. H. C. *Identificação das fontes de material particulado atmosférico fino e grosso no Distrito Federal empregando marcadores iônicos solúveis em água*. Dissertação (Mestrado em Química), Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade de Brasília, 2016.

FRONER, Y; ROSADO, A. *Manuseio, embalagem e transporte de acervos*. Tópicos em conservação preventiva 10. Belo Horizonte: Escola de Belas Artes/UFMG, 2008

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. *Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo*. — 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

HERRÁREZ, J. A.; LORITE, M. A. R. *Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos*. Madrid: Ministerio de Cultura (España), 1989.

ICOM & ICMS. *Museum Security and Protection: a handbook for cultural heritage institutions*. Londres: ICOM, 1993.

JESUS, E. F. R. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem geográfica. In: *Sitientibus: Revista da Universidade Estadual de Feira de Santana*, v. 14, p. 143-153, 1996.

JUNIOR, A. A. F. Museu: um olhar sobre o espaço público, o espaço arte, o espaço arquitetura. In: *Revista CPC*, São Paulo, n.4, p. 7-22, mai./out. 2007.

JUNQUEIRA M. G.; YUNES, G. S. A iluminação Artificial como instrumento da expografia das cidades e dos museus. In: *Revista Memória*, Pelotas, v.4, n.11, 2014.

JUSTICIA, M.; JOSÉ, M. *História y teoría de la conservación y restauración artística*. Madrid: Editorial Tecnos, 2008.

KING, S; PEARSON, C. Controle ambiental para instituições culturais: planejamento adequado e uso de tecnologias alternativas. In: MENDES, M. B. et al (org). *Conservação: conceitos e práticas*. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001, p. 41-64.

MATTOS, Y. et al. *Museu Nacional de Belas Artes*. Rio de Janeiro: FUNARTE, 1979.

MICHALSKI, S. A. Conservação e Preservação do Acervo. In: ICOM. *Como Gerir um Museu: Manual Prático*. Unesco, 2004.

MIGUEL, A. M. M. *Historia de la Conservación y la Restauración: desde la Antigüedad hasta Finales del siglo XIX*. Madrid: Tecnos, 1995.

_____. *La Conservación y la Restauración en el Siglo XX*. Madrid: Tecnos, 1998.

MOTTA, E. O Museu Nacional de Belas Artes. In: *Museu Nacional de Belas Artes, Coleção Museus Brasileiros II*. Rio de Janeiro: FUNARTE, 1979.

MORAES, M. *O gestaltismo e o retorno à experiência psicológica*. Capítulo 18. Disponível em: <<https://formaelementar.files.wordpress.com/2016/09/gestalt.pdf>>. Acesso: 23/07/2018.

MONTANER, J. *Depois do Movimento Moderno: Arquitetura da segunda metade do século XX*. São Paulo: GG Brasil, 2001.

_____. Museu Contemporâneo: Lugar e discurso. In: *Projeto*, nº 144, São Paulo, 1991, p. 34-41.

RESTREPO, R. B. *et al. Manual de Prevención y Primeros Auxilios*. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura, 1985.

RIBEIRO, M. B. *Arquitetura na conservação preventiva em museus brasileiros*. I Encontro Luso-brasileiro de Conservação e Restauro. Porto, 2011.

RONCHETTI, E. *NBR 15575: Nova versão da Norma de Desempenho de Edificações*. Disponível em: <<https://eduardoronchetti.wordpress.com/2014/06/25/nbr-15575-nova-versao-da-norma-de-desempenho-de-edificacoes/>>. Acesso em 12/11/2018.

SOUZA, R. B. *et al. Influência das Variáveis Atmosféricas na Degradação dos Materiais da Construção Civil*. In: *REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v.13, n.1. Disponível em: <www.revistas.ufg.emnuvens.com.br/reec/index>. Acesso em: Julho de 2016.

TOLEDO, F. *Museum Passive Buildings in Warm, Humid Climates*. In: *The Getty Conservation Institute*, 2007.

UBIETA, M. R.G. *Transporte, depósito y manipulación de obras de arte*. Editorial Síntesis, S.A. Vallehemoso, Madrid, 2008..

VADSTRUP, S. *Conservation of Plaster Architecture on Facades: Working Techniques and Repair Methods*. Centre for Building Preservation – RAAD-VAD, Denmark, 2008. Disponível em: <https://www.byggningsbevaring.dk/uploads/files/english/working_descriptions_new_2008.pdf>. Acesso em 20 de janeiro 2019.

VIÑAS, S. M. *Teoría Contemporánea de la Restauración*. Editorial Síntesis. Madrid, 2003.

WITTKOWER, R. *Escultura*. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Mar-

tins Fontes, 1989.

ZAPPIA, G.; SABBIONI, C.; GOBBI, G. Non-carbonate carbon content on black and white areas of damaged stone monuments. *In: Atmospheric Environment*, v.27A, n.7, p. 1117-1121, 1993. ZEIN, R. V. Duas décadas de arquitetura de museus. In: Projeto, nº 144, p. 44-48, São Paulo, 1991.

ZEVI, B. *Saber ver a Arquitetura*. Trad. Maria Isabel Gaspar e Gaëtan Martins de Oliveira. 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996;

UMA INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS E UNIDADES SOBRE CALOR, UMIDADE E LUZ, QUE AFETAM O AMBIENTE INTERIOR E OS BENS CULTURAIS MÓVEIS

José Luis Gonçalves Zacarias Junior¹

¹ Desenvolve pesquisas em monitoramento climático remoto; turismo e sustentabilidade; ecoturismo sustentável; educação ambiental; eficiência energética e conservação e preservação de acervos. Graduado em Gestão Comercial pela Universidade Estácio de Sá, Especialista em Educação Ambiental pela Faculdade da Lapa/PR e é técnico em Mecatrônica pelo Instituto Monitor do Estado do Rio de Janeiro (2020). É Mestre em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia pelo Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia do Museu de Astronomia e Ciências Afins e Doutorando em Museologia e Patrimônio pelo Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro/ Museu de Astronomia e Ciências Afins. É pesquisador Convidado do Centro Nacional de Pesquisa em Informática. E-mail: goncalveszacariasjunior@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os parâmetros de umidade, temperatura, luz e poluição atmosférica, quando não monitorados e controlados corretamente podem ocasionar a degradação total de um acervo. Por isso, o conservador deve manter o devido controle desses índices, para que não ocorra nenhuma perda de informação e posterior dano a coleção (Oliveira, 2011, p. 95-106), assim como as instituições, que também detêm responsabilidade no que se refere a preservação das coleções (Teixeira; Ghizoni, 2012, p. 47).

O devido monitoramento climático em um espaço de guarda é essencial para a preservação dos acervos, além do acompanhamento do estado de conservação dos mesmos, a fim de possibilitar, quando necessário, a realização de medidas curativas. Para que se possa diagnosticar e qualificar adequadamente tais ambientes, é necessário que os conservadores detenham conhecimento sobre a posição geográfica do espaço, o tipo de construção e o seu entorno, e as características materiais e o tipo do acervo (Oliveira, 2011, p. 100-101).

O conservador necessita de ferramentas e modelos que qualifiquem o ambiente de guarda, para assim, minimizar os efeitos de deterioração pelos elementos de risco ao patrimônio. Pedersoli e Hóllós (2009, p. 76) mencionam que “o gerenciamento de riscos pressupõe a implantação de um processo de gestão contínuo na organização e o apoio e envolvimento de todos os seus segmentos [...]”. Segundo os autores, o risco de água, temperatura incorreta, forças físicas, dentre outras variáveis, podem afetar o equilíbrio do ambiente dos acervos. Ressaltam que, a análise do ambiente sem uma classificação ambiental não representa os diversos graus de qualidade em que o objeto esteja inserido, sendo necessário também qualificá-lo exposto a tais condições.

Os autores Pedersoli, Antomarchi, Michalski (2016, p. 16) afirmam que “[...] a gestão de riscos é um processo contínuo. Temos que seguir monitorando os riscos e ajustando as ações e medidas de tratamento adotadas conforme necessário para assegurar que os impactos negativos sobre nossos objetivos sejam efetivamente minimizados no curto, médio e longo prazo”. O cumprimento das regulamentações das esferas públicas permite que as instituições de cultura operem de modo eficiente, mantendo as áreas de conservação e preservação seguras e sem riscos inerentes, respeitando o que condiz com as normas ISO e do regimento institucional.

Há uma variedade de estudos sobre as influências da temperatura, da umidade, da iluminação e da poluição nos mais diversos tipos de acervos. Porém, são escassos os estudos específicos dedicados à qualidade dos ambientes de guarda de acervos. Por isso, a importância do desenvolvimento de um procedimento específico para a qualificação ambiental de acervos, possibilita obter um diagnóstico mais preciso. Assim, com um estudo adequado, foi possível deduzir, se o ambiente pesquisado é apropriado para a guarda e o acondicionamento do acervo em geral, ou somente para um determinado tipo de material, se é considerado impróprio para a sua conservação e para os profissionais envolvidos.

Sistemas de monitoramento

Os sistemas de monitoramento de temperatura e umidade digital/manual tem a sua importância, pois este tipo de sistema proporciona uma gama de informações e dados de temperatura e umidade, que possibilita o profissional conservador numa tomada de decisões concisas a respeito da preservação do acervo. As instituições de cultura nem sempre tem a disponibilidade financeira para a aquisição de um sistema de monitoramento automatizado, e, com isso, dependem de ferramentas como as que poderemos observar a seguir na Figura 1, onde apresenta a imagem de um datalogger manual.

Figura 1: Dataloggers Minipa



Fonte: <https://www.instrumbrasil.com.br/busca?q=medidor+de+temperatura+e+umidade>

Os sistemas de monitoramento digital/semiautomático de temperatura e umidade têm a capacidade de captura de dados mais apurada do que o sistema de monitoramento anterior o digital/manual, sendo assim, tem-se uma melhor gestão desses dados e um melhor tratamento dessas informações para uma conservação mais adequada do acervo

institucional. A seguir, podemos visualizar na Figura 2, os dataloggers do sistema de monitoramento digital/semiautomático:

Figura 2: Dataloggers Akrom



Fonte: <http://www.akrom.com.br/produtos.php?c=45>

Por fim, os sistemas de monitoramento digital/automático, digital/manual e o digital/semiautomático, ambos tem a premissa de medir a temperatura e a umidade do ambiente. Mas somente o sistema de monitoramento digital/automático tem a possibilidade de ser elencado a uma clp programável que possibilita a visualização dos dados em tempo real. Esses dataloggers automatizados têm uma performance adequada, eficiente e econômica permitindo maior confiabilidade no momento da captura dos dados, pois os mesmos são armazenados em um programa de computador que é disponibilizado pelo fabricante do datalogger para que a instituição possa recuperar as informações de forma que não venha lesar a instituição de acordo com a LEI do LGPD. A Figura 3, a seguir, apresenta imagem do Dataloggers Fullgauge.

Figura 3: Dataloggers Fullgauge



Fonte: <https://www.fullgauge.com.br/produtos/temperatura-e-umidade>

O sistema de monitoramento digital/automático possui uma tela de entrada que permite que o profissional responsável por manusear o sistema configure e realize a devida manutenção dos data-loggers, no que se entende como a calibração.

Figura 4: Sistema Fullgauge



Fonte: SITRAD

O sistema sitrad permite que o usuário/administrador do sistema realize a medição dos seus ambientes de guarda de acervos e, com isso, ele pode fazer com que o sistema sinalize com alarmes sonoros o aumento ou a diminuição inadequada dos índices de temperatura e umidade, tornando assim, a prática da conservação preventiva e corretiva mais eficaz.

O Sistema CONCLIMA é uma ferramenta para diagnóstico em tempo real de ambientes que contenham obras de artes, documentos históricos e outras categorias de acervo em que seja necessário o controle de temperatura e umidade. O monitoramento é realizado de forma remota via desktops, notebooks, smartphones ou tablets, disponível 24 horas por dia pela internet. A Figura 5, a seguir apresenta uma imagem do Sistema CONCLIMA. Existem no mercado de climatologia cultural alguns sistemas automáticos que até mesmo permitem a visualização dos dados de temperatura e umidade em tempo real, mas não tendo complementos tais como, o sistema CONCLIMA que veremos a seguir.

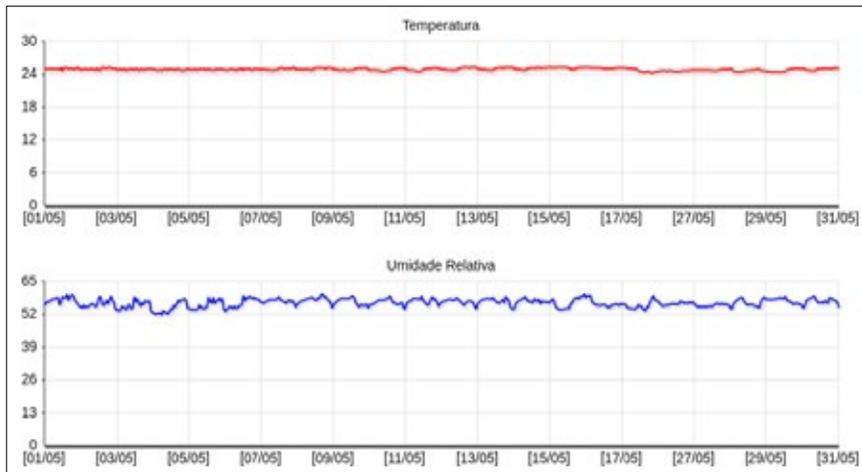
Figura 5: Sistema CONCLIMA

MAST - Museu de Astronomia e Ciências Afins	
AMBIENTE	Reserva Técnica RELATÓRIO
DATA	19/06/2022 15:38
Temperatura	24.2 °C
Umidade	60.6 %
Temperatura do ponto de orvalho	16.10 °C
Amplitude de condensação	8.10 °C
Umidade absoluta	13.33 g/m3
Índice de permanência IP	0.50
Permanência em anos	22.50
Umidade de ativação de fungos no ambiente	70.45 %
Crescimento de fungos no ambiente:	0.00 dia(s)
Sem probabilidade de fungos no ambiente	
Sem probabilidade de oxidação de objetos em metal	
Sem condições de condensação	
RISCO BIOLÓGICO (INSETOS) MODERADO	

Fonte: Dr. Antonio Oliveira – Desenvolvedor do Sistema

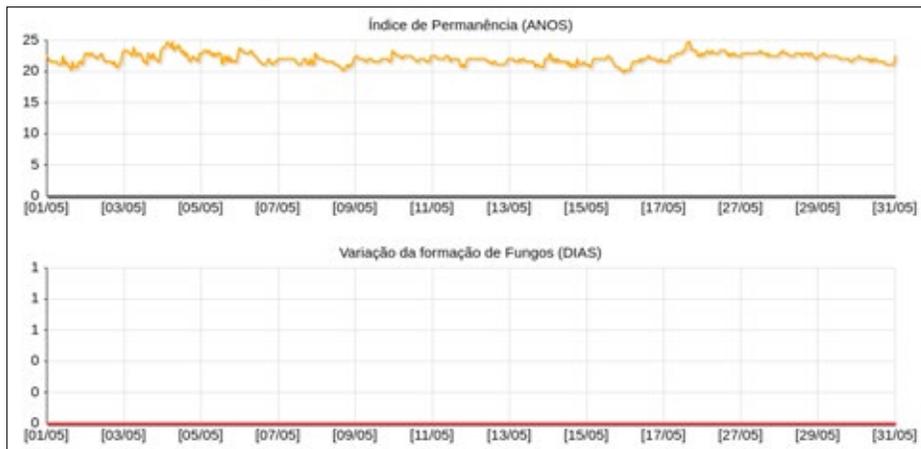
Este sistema de monitoramento é uma esquematização robusta que viabiliza a emissão de avisos a respeito das condições dos ambientes, a partir dos índices de temperatura, umidade, temperatura do ponto de orvalho, amplitude de condensação, umidade absoluta, índice de permanência (IP), permanência em anos, umidade de ativação de fungos e o crescimento de fungos no ambiente. Logo a seguir, nas Figuras 6 e 7, observam-se os gráficos expedidos pelo sistema de monitoramento do Museu de Astronomia e Ciências Afins/MAST/MCTI.

Figura 6: Gráficos de Temperatura e Umidade Mensal Expedido pelo Sistema CONCLIMA



Fonte: Dr. Antonio Oliveira – Desenvolvedor do Sistema.

Figura 7: Gráficos do Índice de Permanência do Papel e Variação da Formação de Fungos Mensal Expedido pelo Sistema CONCLIMA



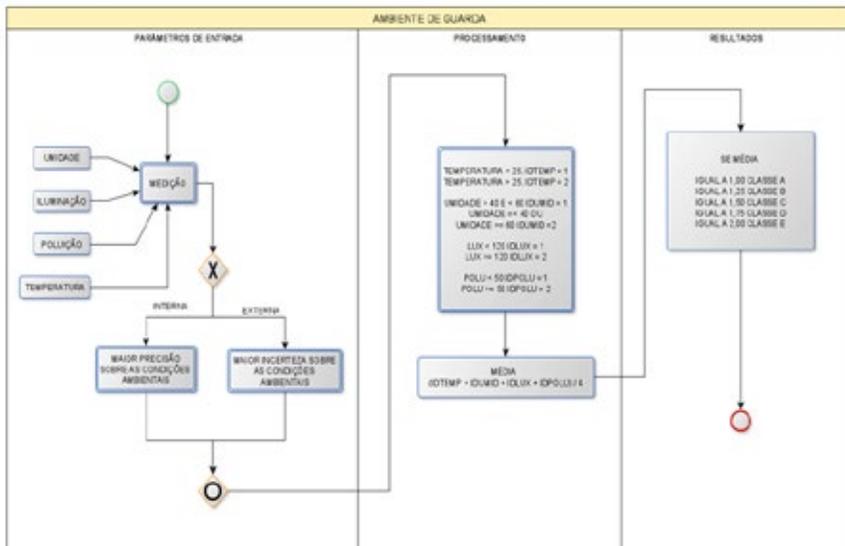
Fonte: Dr. Antonio Oliveira – Desenvolvedor do Sistema.

Após a geração do relatório mensal por parte do sistema de monitoramento remoto CONCLIMA, o responsável pela conservação do acervo terá a possibilidade de expedir um diagnóstico preciso para que a conservação dos acervos seja realizada de forma adequada.

Sistema de qualificação da conservação de acervos de C&T

A modelagem do ambiente necessita da entrada contínua de dados dos parâmetros que foram definidos anteriormente, com o recurso da área de Sistemas de Informação e de modelos computacionais, que colaboram para que seja realizado o diagnóstico da conservação do objeto cultural de C&T. O objetivo desta modelagem é que sejam gerados os diagnósticos e prognósticos, concedendo o gerenciamento do ambiente de maneira em que o objeto cultural mantenha a sua estabilidade. Nesse contexto, a Figura 8, a seguir, mostra as diversas etapas que o sistema terá para um funcionamento adequado mediante a conservação do acervo de C&T.

Figura 8: Sistema de qualificação da conservação do ambiente.



Fonte: Autor.

Pode-se observar na Figura 8 o procedimento para o desenvolvimento do modelo matemático, mediante aos indicadores ambientais, contendo os dados de temperatura, umidade, iluminação e poluição. A Figura 8 demonstra o passo a passo do modelo de qualificação de acordo com os parâmetros de entrada, o processamento dos dados coletados e o resultado do ambiente de guarda. Os dados serão representados pela temperatura tendo a sua unidade de medida em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$)²,

² Grau Celsius. Disponível em: <<https://pt.solar-energia.net/termodinamica/propriedades->

a umidade relativa utiliza a porcentagem (%)³ como unidade de medida, a iluminação é baseada em lux/luz⁴ como unidade de medida e a poluição atmosférica tem como unidade de medida partes por milhão (ppm)⁵ ou micrograma/metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁶.

Os parâmetros de entrada representam a fase 1 do sistema de qualificação, onde os dados oriundos dos sistemas de monitoramento são apurados. Esses parâmetros, como a temperatura, umidade, iluminação e poluição atmosférica são coletados para absorção no sistema de qualificação e para obtenção do resultado.

O processamento dos dados coletados é a fase 2 do sistema de qualificação, onde se realiza o cálculo matemático que disponibilizará o resultado dos dados de inferência de temperatura, umidade, iluminação e poluição atmosférica, apurados pelos sistemas de monitoramento.

Na fase 3 do sistema de qualificação, o profissional que atua com a preservação de acervo ou gestor do acervo terá o resultado do estado de conservação do espaço de guarda da instituição e a sua classificação de acordo com o cálculo matemático feito pelo sistema de qualificação. Recebendo assim, uma classificação mediante ao resultado e buscando sempre a certeza de acordo com a consistência dos dados internos e/ou externos. O resultado dos dados de inferência, coletados pelos sistemas de monitoramento da instituição, influenciam bastante no momento da qualificação do ambiente guarda, pois estes níveis colaboram significativamente para a preservação do objeto cultural de C&T.

Os aparelhos de medição que dão viabilidade ao sistema de monitoramento e que são utilizados para a aquisição de dados pelo sistema de qualificação devem ter as seguintes especificações: medidor de temperatura e umidade, sensores de acordo com as normas das ISOS 9001⁷

termodinamicas/temperatura/grau-celsius> – Acesso em: 12 jul. 2020.

³ Porcentagem. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/matematica/porcentagem.htm>> – Acesso em: 12 jul. 2020.

⁴ Lux. Disponível em: <<https://www.luterled.com.br/blog-o-que-e-lux-e-como-medi-lo/>> – Acesso em: 12 jul. 2020.

⁵ Partes por milhão (ppm). Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/partes-por-milhao-ppm.htm>> – Acesso em: 12 jul. 2020.

⁶ Micrograma/Metro Cúbico. Disponível em: <<http://www.troposfera-brasil.org/conceptos/unidades-de-medicion-empleadas-en-calidad-del-aire/>> – Acesso em: 12 jul. 2020.

⁷ A ABNT NBR ISO 9001 corresponde a norma internacional ISO 9001 ambas tem como foco promover requisitos específicos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) das empresas.

e 14001, devem ter, alimentação direta: 115 ou 230 V $\pm 10\%$ (50/60 Hz) – temperatura de controle: -10 a 70.0°C $\pm 1.5^\circ\text{C}$ (com resolução de 0.1°C). A umidade de controle: 0 a 100%UR $\pm 5\%$ UR (com resolução de 0.1%UR). No caso do medidor de lux/luz deve ter as seguintes especificações: Faixas: 2000, 20000 (leitura x10), 100000 lux (leitura x100) – Resolução: 1 lux, 10 lux, 100 lux.

Os algoritmos⁸ possuem uma variedade de métodos de processamentos que viabilizam o usuário no momento da utilização do sistema. A análise e comparação de diferentes abordagens por meio de uma mesma metodologia são essenciais para a qualificação do ambiente diante de um algoritmo.

O conjunto de dados e informações podem ser utilizados para desenvolver, testar e avaliar a disseminação dos resultados produzidos. Estes algoritmos se baseiam na qualidade ambiental e nos parâmetros de inferência que viabilizam a conservação do espaço de guarda e do objeto acervo.

O sistema de qualificação do espaço de guardada instituição de cultura desenvolvido para o presente estudo de caso, também possui um modelo de revisão das informações apuradas garantindo a qualidade dos dados. O sistema proporciona uma facilidade e praticidade na sua utilização, apresentando as avaliações das categorias de métodos de processamento das informações. Portanto, Xexéo (2007, p. 21-22) descreve o processo de desenvolvimento e a necessidade do sistema:

Desenvolver software⁹ é um processo de transformação de uma necessidade do cliente em uma sequência de produtos de software (análise, projeto, protótipo, manuais) que tem em seu fim um programa de computador. Essas transformações são imperfeitas, devidos a problemas de comunicação entre o usuário e o desenvolvedor e falhas nas técnicas utilizadas pelo desenvolvedor para garantir que nenhuma

Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/cb25docorient.pdf>> – Acesso em: 12 jul. 2020.

⁸ O algoritmo é dado como um conjunto de regras para a implementação e programação de um sistema. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2018/03/30/tecnologia/1522424604_741609.html> – Acesso em: 14 jun. 2021.

⁹ Software, programa e sistema, ambos são um conjunto de instruções, de documentação e de dados.

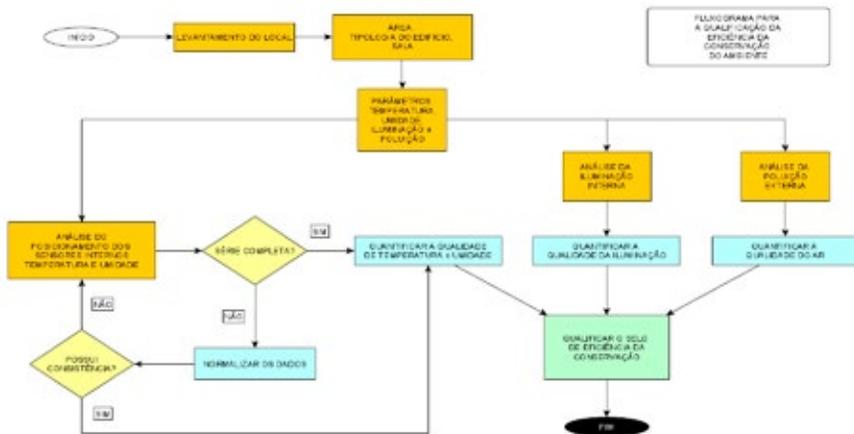
informação é perdida ou inserida de forma espúria no sistema. Para garantir que o sistema faz o que o usuário deseja, utilizamos duas técnicas: a verificação e a validação. Verificar significa analisar se o produto de uma fase do processo de desenvolvimento está de acordo com sua especificação. Validar significa analisar se o produto de uma fase do processo de desenvolvimento está de acordo com as expectativas do cliente. Precisamos ter claro em nossa mente a diferença entre as duas atividades. Quando transformamos um algoritmo em português para pascal, por exemplo, podemos fazer isso de forma perfeita e, ao mesmo tempo, fazer algo que o cliente não deseja. Quando validamos um programa com o cliente e o aprovamos, não necessariamente o que fizemos foi o que estava escrito na especificação do programa. A tarefa mais importante, na verdade, é a validação, já que devemos atender o cliente. A validação, porém, é geralmente mais informal e mais custosa que a verificação. Assim, verificando que cada passo dado durante o processo de desenvolvimento esta conforme o passo anterior previu podemos economizar na validação (Xexéo, 2007, p.21-22).

Segundo Xexéo (2007, p.21), “problemas de comunicação entre o usuário e o desenvolvedor e falhas nas técnicas utilizadas pelo desenvolvedor para garantir que nenhuma informação é perdida ou inserida de forma espúria no sistema”. Os dados de temperatura, umidade, iluminação e poluição atmosférica que são provenientes de uma rede de monitoramento são utilizados para avaliação de desempenho nos algoritmos de detecção de dados espúrios¹⁰. Para avaliação, confiabilidade e a precisão devem ser introduzidos diversos testes de erros, sendo eles utilizados na busca das informações dos dados gerados pelo sistema de monitoramento da instituição de cultura.

O fluxograma que será visto na Figura 9 embasa o sistema de qualificação levando em consideração as especificidades dos parâmetros de temperatura, umidade, iluminação e poluição. De acordo com esses parâmetros, poderá ser feito o levantamento do ambiente, as análises, a normalização e consistência dos dados, a quantificação dos parâmetros e, por fim, a qualificação da conservação do ambiente.

¹⁰ Dados ilegítimos.

Figura 9: Fluxograma para a qualificação da eficiência da conservação do ambiente.



Fonte: Autor.

A partir dos algoritmos do sistema de qualificação descritos no fluxograma da Figura 9, é possível ter a percepção de todos os estágios do sistema, diante das informações apresentadas pelos dados. Realizando o levantamento do ambiente da instituição onde se encontra o acervo será possível fazer a análise do posicionamento dos sensores que medem os dados ambientais de temperatura e umidade, possibilitando a realização de uma série, e se estiver completa com todos os dados será possível processá-los e, caso a série esteja incompleta, os dados serão normalizados através de tratamento estatístico. Os dados que possuam consistência prosseguirão no fluxo, e, por fim, caso não possuam consistência retornarão para análise.

Deste modo, pode ser feito o mesmo com os dados de iluminação e poluição até que chegue a um denominador comum entre as informações. Deverá ser feita uma análise estatística para que se obtenha uma média dos dados em questão e, perante isso, os profissionais que atuam com a preservação de acervos terão maior grau de confiança utilizando o fluxograma do sistema de qualificação.

Logo após a quantificação de todos os dados de temperatura, umidade, iluminação e poluição, poderá ser feita a qualificação da eficiência da conservação do ambiente da instituição de cultura, através do selo de qualidade com nota da média e classe em que o ambiente se encontra diante do cálculo de todos os parâmetros. Podendo ser ra-

cionalizada uma graduação de um até quatro parâmetros entre os itens A, B, C, D e E. Cada letra da classe está relacionada ao parâmetro de diagnóstico pelo modelo de valor posicional, sendo primeiro a temperatura, segundo a umidade, terceiro a iluminação e quarto a poluição. Assim, será descrito como conjunto classe {A, B, C, D, E} para o conjunto {temperatura, umidade, iluminação e poluição}, como apresentado na Tabela 1:

Tabela 1: Inferência para qualificação ambiental

CLASSE	Temperatura (1)	Umidade (2)	Iluminação (3)	Poluição (4)	MÉDIA
A	Menor ou igual a 25 °C	Entre 40% e 60%	Menor ou igual a 120 lux	Menor ou igual a 50 µg/m ³	ÓTI-MO/1,00
B	Maior que o limite de 25 °C	Entre 40% e 60%	Menor ou igual a 120 lux	Menor ou igual a 50 µg/m ³	BOM/1,25
C	Maior que o limite de 25 °C	Menor que 40% ou maior que 60%	Menor ou igual a 120 lux	Menor ou igual a 50 µg/m ³	REGU-LAR/1,50
D	Maior que o limite de 25 °C	Menor que 40% ou maior que 60%	Maior que o limite de 120 lux	Menor ou igual a 50 µg/m ³	RUIM/1,75
E	Maior que o limite de 25 °C	Menor que 40% ou maior que 60%	Maior que o limite de 120 lux	Maior que o limite de 50 µg/m ³	PÉSSI-MO/2,00

Fonte: Autor

De acordo com a Tabela 1, podemos fazer a análise dos espaços de guarda de diversas instituições de cultura. Com os resultados apurados, o sistema de qualificação da conservação do ambiente mostrará como se comporta o espaço de guarda da instituição de cultura, e com isso terá um selo de qualidade na cor da sua respectiva média, azul igual a ótimo. Se o ambiente obtiver a atribuição da nota 1, verde igual a bom, se o ambiente obtiver a atribuição da nota 1,25, amarelo igual a regular se o ambiente obtiver a atribuição da nota 1,50, laranja igual a ruim se o ambiente obtiver a atribuição da nota 1,75, vermelho igual a péssimo se o ambiente obtiver a atribuição da nota 2.

Logo, com essa observação das notas, os profissionais que atuam com a preservação de acervos e/ou gestores de acervos estarão a par da situação do ambiente para que sejam tomadas as decisões diante dos resultados favoráveis ou não, alterando quando necessário a conservação do ambiente para que o mesmo não influencie na degradação do objeto cultural. Para a identificação visual do resultado do sistema

proposto no presente trabalho, foram construídos selos gráficos para a classificação direta da qualidade para a eficiência da conservação nos espaços de guarda e segundo o INMETRO (2020):

A certificação dos Sistemas de Gestão atesta a conformidade do sistema de gestão das empresas em relação a requisitos normativos. Os sistemas clássicos são os sistemas de gestão da qualidade, certificados com base em critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO 9001, e os sistemas de gestão ambiental, certificados conforme as normas da série NBR ISO 14001. Mais recentemente, destacam-se a publicação da ABNT NBR ISO 22000, voltada para a área de alimentos, ABNT NBR 16001, que tem foco na Responsabilidade Social das empresas, ABNT NBR ISO 31000, Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes e a da ABNT NBR 27001, para sistemas de Gestão da Segurança da Informação. A filosofia das normas de gestão é, em geral, a de induzir à organização por processos, enfatizando as ações de prevenção de defeitos. No entanto, as normas de sistemas de gestão não ditam qual o produto a ser produzido ou como produzi-lo, mas apenas como estruturar os sistemas de gestão da organização, de forma a assegurar a repetibilidade dos resultados obtidos, no que diz respeito, em particular, ao parâmetro qualidade. INMETRO <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/certificacao.asp> Acesso em: 29 jul. 2020.

Na Figura 10, a seguir, é possível visualizar o selo de qualidade o qual será disponibilizado pelo sistema de qualificação logo após o processamento dos dados coletados da instituição. O selo disponibilizará a classe em que o ambiente se enquadra no momento do resultado.

Figura 10: Selo A de qualificação da conservação do ambiente



Fonte: Autor.

Para o desenvolvimento do presente tópico serão utilizados os dados meteorológicos que foram coletados pelo sistema de qualificação do ambiente são provenientes do sistema de monitoramento da instituição ICICT/FIOCRUZ. Os dados foram apurados para que se desse embasamento de acordo com as tabelas que veremos mais à frente. Estes dados depois de absorvidos, foram estruturados em uma base de dados correspondente ao sistema de qualificação, ilustrados na Figura 11, que organiza o conteúdo das informações em um conjunto de temáticas diversas, e viabilizam no momento da utilização dos dados e das informações no sistema de qualificação.

Figura 11: Sistema de monitoramento do armazém A da biblioteca de Manguinhos.



Fonte: Autor, 2018.

A implementação do sistema de monitoramento ocorreu por uma iniciativa do conservador e restaurador Me. Marcelo de Lima da Silva¹¹, que em 2018 conseguiu através de uma verba de iniciativa privada,

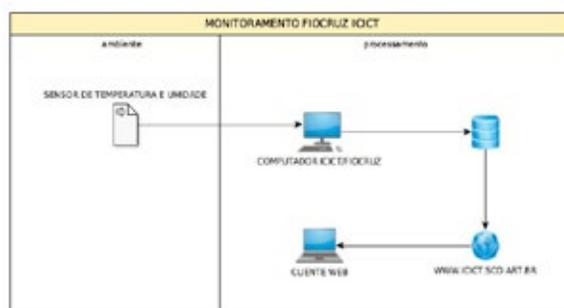
¹¹ Me. Marcelo de Lima Silva é conservador, restaurador e coordenador do núcleo de preservação

desenvolver o projeto que contratou a empresa Centro Nacional de Pesquisa em Informática (CNPI)¹² para a execução do mesmo, coordenado pelo Dr. Antonio Oliveira¹³.

A partir do projeto elaborado, ocorreu a instalação dos sensores para a medição dos nove ambientes da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ, sendo eles: Armazém A1, Armazém A2, Armazém B1, Armazém B2, Periódicos Correntes 1, Periódicos Correntes 2, Referências 1, Referências 2 e o Salão de Leitura.

Na Figura 12 é possível visualizar o funcionamento do sistema de monitoramento da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ, que contribuiu de certo modo para a acessibilidade aos dados e a qualificação do ambiente. O sensor que mede a temperatura e a umidade é específico para o ambiente da biblioteca. Realiza medições de segundo a segundo enviando diretamente para o computador terminal da biblioteca, salvando os dados no banco de dados do CONCLIMA e depois enviado para o link: <<http://jzdigital.com.br/icict/>>, onde os dados são disponibilizados para o público com o interesse em conhecer o estado da biblioteca, com foco na conservação dos acervos de C&T ali presente.

Figura 12 – Sistema de monitoramento climático da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.



Fonte: Autor.

da Fiocruz. Disponível em: Lattes: <<http://lattes.cnpq.br/4182922259545426>> – Acesso em: 24 jun. 2021.

¹² Centro Nacional de Pesquisa em Informática (CNPI) empresa que desenvolve sistemas robustos de informática. Disponível em: <<http://cnpi.org.br/>> – Acesso em: 24 jun. 2021.

¹³ Dr. Antonio Oliveira é técnico em Meteorologia, Museólogo com especialidade em Climatologia, Mestre em Arquitetura e Doutor em Museologia e Patrimônio. Desenvolvedor do sistema CONCLIMA que está instalado na Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/1568573846554786>> – Acesso em: 24 jun. 2021.

Este sistema de monitoramento da Biblioteca de Manguinhos é uma esquematização robusta que viabiliza a emissão de avisos a respeito das condições dos ambientes, a partir dos índices de temperatura, umidade, temperatura do ponto de orvalho, amplitude de condensação, umidade absoluta, índice de permanência (IP), permanência em anos, umidade de ativação de fungos no ambiente e o crescimento de fungos no ambiente. Logo em seguida, observa-se na Figura 12 o funcionamento do sistema de monitoramento do Armazém A1 e o diagnóstico. A Figura 13 apresenta imagem da tela do Sistema de Monitoramento do Armazém A1 e Armazém A2 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.

Figura 13: Tela do Sistema de Monitoramento do Armazém A1 e Armazém A2 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ



Fonte: <http://jzdigital.com.br/icict>

Os índices expostos na Figura 13 demonstram inteiramente o estado do ambiente (Armazém A1), qualificando o seu comportamento a partir da temperatura e umidade relativa, que capturadas através de termohigrômetros em escala de graus célsius e porcentagem de umidade, a ferramenta apresenta os dados de prognóstico meteorológicos que contém a temperatura máxima e mínima previstas para aquele período (CPTEC, 2005)¹⁴. Diante do exposto pelo autor Padfield (2009), é possível

¹⁴ O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) desenvolve estudos na área meteorológica. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>> – Acesso em: 24 jun. 2021.

notar que o índice de umidade em níveis elevados pode desempenhar uma crescente degradação, neste caso, no que se refere a uma conservação inadequada, para o ambiente e ao acervo da Biblioteca de Mangui-nhos do ICICT/FIOCRUZ.

A temperatura de ponto de orvalho tem a sua definição:

Considerando-se que a temperatura de ponto de orvalho T_{d15} é a temperatura na qual a pressão de saturação do vapor d'água é igual à pressão parcial do vapor d'água na temperatura T_{16} , e levando-se em conta o fator de intensificação do vapor d'água para T_d e para T , para uma maior exatidão do cálculo de umidade relativa. (Brionizio, 2015, p. 2).

A amplitude de condensação é a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho. Caso a diferença seja menor que 1 grau célsius, maior é a probabilidade de absorção de vapor d'água pelos objetos em papel. Já a umidade absoluta é toda a água presente no ar em determinada parte da atmosfera expressa em metros cúbicos, e o ponto de saturação é a quantidade máxima de vapor de água que poderia haver sob determinada temperatura. Um grama de vapor d'água por metro cúbico equivale aproximadamente a um milímetro de água em suspensão.

De acordo com Sebera (2001) o Índice de permanência (IP):

Os papéis que, por exemplo, tenham alcançado um determinado estado quebradiço em 45 anos sob as condições iniciais, alcançariam o mesmo estado em noventa anos sob as novas condições, uma vez que sua taxa de deterioração foi reduzida à metade. De forma similar, papéis com expectativa de vida de duzentos anos teriam sua permanência estendida para quatrocentos anos. É a razão das taxas de deterioração que o gerente de preservação pode controlar através de alterações na temperatura e percentual de umidade relativa das áreas de armazenamento de coleções. Não é possível alterar fatores não ambientais como tipo e comprimento de fibras, grau

¹⁵ Temperatura de ponto de orvalho.

¹⁶ Temperatura.

de aquecimento de pastas, gramaturas, espessuras e assim por diante, fatores que influenciam a taxa de deterioração absoluta de um determinado papel. Considere um papel em equilíbrio com condições iniciais quaisquer de temperatura e umidade relativa, que determinam sua taxa de deterioração e permanência. Vamos agora aumentar a umidade relativa; se a temperatura permanecer inalterada, a taxa de deterioração aumentará. Contudo, se reduzirmos a temperatura exatamente pelo equivalente, o decréscimo dessa taxa induzida pela temperatura resultante compensará exatamente o aumento [da taxa] induzido pela umidade relativa, de forma que a taxa global de deterioração (e a permanência) permaneça inalterada, igual àquela observada sob as condições iniciais do ambiente. Podemos fazer uma outra alteração na umidade relativa (ou a temperatura) e novamente será possível encontrar um valor de temperatura (ou de umidade relativa) que compensará exatamente a mudança na permanência, induzida pelo novo valor de umidade relativa (ou de temperatura) (Sebera, 2001, p. 10).

O sistema de monitoramento calcula a permanência em anos, possibilitando a gestão do acervo em papel para que não se torne quebradiço em condições inadequadas. O cálculo umidade de ativação de fungos no ambiente, se dá a partir do momento no qual o fungo inicia seu crescimento, compreendendo classes I, II, III, IV e V. Cada classe possui um estágio bem definido de desenvolvimento. O crescimento de fungos no ambiente perpassa pelos números de dias em que os fatores ambientais estão em desacordo para uma conservação adequada, de forma genérica, sem especificar o tipo de fungo.

A partir das informações citadas anteriormente, é possível obter o diagnóstico do ambiente, como pode ser visto na Figura 14, que mediante a probabilidade de fungos apresenta-se um diagnóstico indicando se há a possibilidade da sua formação. O mesmo é realizado com objetos em metal, em que o sistema de monitoramento emite um alerta para a probabilidade de oxidação.

Por fim, o diagnóstico das condições de condensação no ambiente possibilita que os profissionais que atuam com a preservação de acervos ou gestor da instituição identifiquem se há condições do vapor d'água em suspensão condensar no ambiente e interagir com o objeto.

Figura 14: Tela do Sistema de Monitoramento do Armazém A1 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ



AMBIENTE	ARMAZÉM A 1 RELATÓRIO
DATA	24/06/2021 21:15
Temperatura	23.8 °C
Umidade	65.4 %
Temperatura do ponto de orvalho	16.92 °C
Amplitude de condensação	6.88 °C
Umidade absoluta	14.07 g/m3
Índice de permanência IP	0.49
Permanência em anos	22.05
Umidade de ativação de fungos no ambiente	70.48 %
Crescimento de fungos no ambiente:	0.00 dia(s)
Sem probabilidade de fungos no ambiente	
Probabilidade de oxidação de objetos em metal	
Sem condições de condensação	
RISCO BIOLÓGICO (INSETOS) MODERADO	

Fonte: <http://jzdigital.com.br/icict/>

Essa primeira versão do sistema de qualificação, que apresentou o resultado dos ambientes da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ, poderá ser acessado pelo link: <<http://jzdigital.com.br/icict/>>. A tela inicial do sistema apresenta os seguintes campos para inserção de informações, sendo eles: AMBIENTE, TEMPERATURA DO AR (°C), UMI-DADE DO AR (%), ILUMINÂNCIA (lux), POLUIÇÃO DO AR (µg/ppm). Estes metadados¹⁷ auxiliarão nas principais rotinas do sistema de qualificação, como demonstra a Figura 15.

¹⁷ Os Metadados são utilizados para descrever e representar um dado.

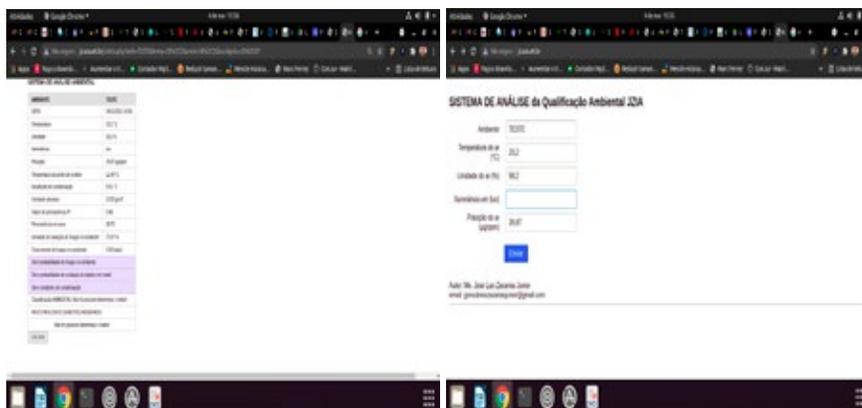
Figura 15: Tela de Entrada de dados do sistema de qualificação



Fonte: Autor

Inicialmente o usuário deverá preencher os campos do sistema independente da ordem que o mesmo seguirá. Porém, nenhum dos campos poderá ficar sem preencher, pois nesse caso o sistema não disponibilizará um resultado. Na Figura 16 observa-se o sistema não preenchido totalmente:

Figura 16: Tela do Sistema de Qualificação com dados faltantes.



Fonte: Autor

Na primeira parte no lado esquerdo da Figura 16 mostra o não preenchimento do campo ILUMINÂNCIA (lux). De acordo com essa falta de dados, o sistema não conseguiu qualificar o ambiente, como pode ser visto na segunda parte da imagem no lado direito a seguinte mensagem: NÃO FOI POSSÍVEL DETERMINAR UM ÍNDICE, devido a isto o usuário não terá a qualificação do ambiente gerando assim, uma não apuração no que se refere a conservação do acervo. Neste caso, o usuário deverá clicar em VOLTAR no fim da tela do sistema e preencher os dados corretamente.

Caso o usuário preencha todos os campos do sistema ele terá uma qualificação precisa da conservação do seu ambiente, assim como é demonstrado na Figura 17:

Figura 17: Sistema de Qualificação com o resultado completo

SISTEMA DE ANÁLISE AMBIENTAL	
AMBIENTE	ESTUDO DE CASO
DATA	04/11/2021 17:27
Temperatura	28 °C
Umidade	61 %
Iluminância	600 lux
Poluição	58 µg/ppm
Temperatura do ponto de orvalho	19.77 °C
Amplitude de condensação	8.23 °C
Umidade absoluta	16.59 g/m3
Índice de permanência IP	0.32
Permanência em anos	14.40
Umidade de ativação de fungos no ambiente	70.27 %
Crescimento de fungos no ambiente:	0.00 dia(s)
Sem probabilidade de fungos no ambiente	
Sem probabilidade de oxidação de objetos em metal	
Sem condições de condensação	
Classificação AMBIENTAL 2.00	
RISCO BIOLÓGICO (INSETOS) MUITO ALTO	
	
VOLTAR	

Fonte: Autor

A partir do resultado gerado pelo sistema na Figura 17 o usuário terá um diagnóstico que o possibilitará numa tomada de decisões pertinentes a conservação do ambiente e do acervo.

O sistema de qualificação permite que o usuário acione o suporte técnico pelo e-mail, disponibilizado para retirada de dúvidas pertinente ao preenchimento dos dados, significação dos dados, aderência do sistema e as dicas de manuseio do sistema. Como pode ser observado na Figura 18, a seguir:

Figura 18: E-mail do Suporte Técnico do Sistema de Qualificação.

SISTEMA DE ANÁLISE da Qualificação Ambiental JZIA

Ambiente	ESTUDO DE CASO
Temperatura do ar (°C)	28
Umidade do ar (%)	61
Iluminância em (lux)	600
Poluição do ar (µg/ppm)	58

Enviar

Autor: Me. José Luis Zacarias Junior
email: goncalveszacariasjunior@gmail.com

Fonte: Autor

No entanto, os dados ambientais que compõem esta etapa de parametrização do sistema de qualificação trazem a possibilidade de ressaltar as análises dos estudos através das informações da base de dados do sistema de monitoramento. A utilização destas informações serve como planejamento para uma gestão adequada no que se refere à conservação do espaço de guarda e do acervo.

A base de dados do sistema de qualificação terá uma escala de análises relacionadas aos resultados das informações geradas pelos dados ambientais e índices de inferência, resultando na delimitação física dos ambientes de guarda/reserva técnica da biblioteca do ICICT/FIOCRUZ.

Em função do reconhecimento da instituição como unidade de estudos e planejamento, sendo sua função a preservação dos acervos, o sistema de qualificação viabiliza a contextualização das características ambientais proporcionando uma forma de adequação, se assim for necessário, para a conservação dos objetos culturais.

A iluminação artificial implementada no ICICT é a fluorescente tubular de 40w18, o que proporciona uma iluminação por área de aproximadamente 500lux de forma constante ao longo do ano. Assim, é importante mencionar que as paredes são brancas e o ambiente foi iluminado seguindo as regras da NBR5413/199219.

Os espaços de guarda não recebem radiação solar direta. Porém a iluminação permanece ligada durante as vinte e quatro horas do dia, o que provoca um efeito cumulativo de deterioração fotoquímica da celulose. A luz acelera a deterioração dos acervos em suporte papel, pois ela conduz ao enfraquecimento e ao enrijecimento das fibras de celulose e pode provocar, como já citado anteriormente, a descoloração, o amarelamento ou o escurecimento do papel.

Segundo Ogden (2001), as recomendações aceitas afirmam que os níveis para materiais sensíveis à luz, inclusive o papel, não devem exceder 55lux. No sistema de qualificação da conservação do ambiente e do acervo, foi parametrizado que o índice de inferência para iluminação é de até 55lux. O total de danos, ao acervo, se dá em função da intensidade e da duração da exposição à luz, a iluminação deve ser mantida o mais baixa possível e por breve período. Os acervos devem ser expostos à luz apenas no período da consulta, sendo necessário determinar espaços de guarda e ambientes de pesquisa.

Embora todos os comprimentos de onda de luz sejam danosos, a radiação ultravioleta (UV), emitida pelas lâmpadas fluorescentes, utilizadas na Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ, provoca deterioração

¹⁸ Watt ou (W) é uma unidade de potência.

¹⁹ NBR5413/1992 é uma norma que fala sobre a iluminação em lumens e lux em ambientes diversos. Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM802/NBR5413.pdf>> – Acesso em: 29 jun. 2021.

nos acervos da biblioteca, por conta de seus altos níveis de energia abaixo de 400nm, de acordo com o especificado no site do Laboratório de Ensino de Óptica do Instituto de Física “Gleb Wataghin” – UNICAMP (2021)²⁰.

Os tubos fluorescentes, mesmo cobertos com películas para filtrar a radiação ultravioleta, não possuem garantia total para eliminar o efeito nocivo do UV. Sendo assim, observando as especificações das lâmpadas fluorescentes deve-se pensar em um sistema de iluminação que garanta baixa emissão de fluxo luminoso, eliminação da radiação UV e um consumo de energia elétrica menor. Veremos na Figura 19, a seguir, uma lâmpada de baixo custo energético e com menos risco para o acervo:

Figura 19: Lâmpada LED Tubular T8 18w/Branco Frio



Fonte: OSRAM - <https://www.osram.com/pia/index.jsp?mkt=/entertainment-industry/>

Para tanto, a tecnologia mais apropriada seria a utilização de lâmpadas LED, até 20W e com fluxo luminoso de 1500 lumens para uma área entre 4m² até 8m², respeitando o limite de 55lux, como é visto na Figura 19, conforme a parametrização do modelo.

A coleta dos dados ambientais deve ser feita de forma minuciosa, para que se tenha a possibilidade de um resultado adequado ao espaço de guarda do acervo. A ideia de qualificação do ambiente diante da conservação do objeto, ocorre por ser um acervo tão vasto que se encontra salvaguardado nos dois Armazéns A1 e A2 de grande porte.

²⁰ Laboratório de Ensino de Óptica do Instituto de Física “Gleb Wataghin” – UNICAMP. Disponível em: <<https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/luz-ultra-violeta/>> – Acesso em: 29 jun. 2021.

A simulação utilizando os dados e as informações absorvidas do sistema de monitoramento da biblioteca do ICICT/FIOCRUZ serão vistos nas Figuras 20 e 21. A simulação da biblioteca do ICICT/FIOCRUZ foi desenvolvida através dos dados horários internos de temperatura, umidade e iluminação coletados desde janeiro de 2020 até dezembro de 2020. Os dados diurnos e noturnos externos de poluição desde janeiro de 2020 até dezembro de 2020. Todos os dados foram coletados no mesmo período de exatamente 12 meses, para a apuração dessa simulação. A Figura 20 foi preenchida com a média dos dados referentes às datas acima descritas.

Figura 20: Resultado do Armazém A1 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.

SISTEMA DE ANÁLISE AMBIENTAL	
AMBIENTE	Armazém A1 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ
DATA	04/11/2021 17:55
Temperatura	19,2 °C
Umidade	62 %
Iluminância	500 lux
Poluição	26,87 µg/ppm
Temperatura do ponto de orvalho	11,56 °C
Amplitude de condensação	7,44 °C
Umidade absoluta	10,10 g/m ³
Índice de permanência IP	0,91
Permanência em anos	40,95
Umidade de ativação de fungos no ambiente	71,20 %
Crescimento de fungos no ambiente:	0,00 dia(s)
Sem probabilidade de fungos no ambiente	
Sem probabilidade de oxidação de objetos em metal	
Sem condições de condensação	
Classificação AMBIENTAL 1,50	
RISCO BIOLÓGICO (INSETOS) BAIXO	
VOLTAR	

Fonte: Autor.

De acordo com as informações dos dados de inferência atribuídos da Figura 20, tem-se uma noção aproximada do comportamento da biblioteca do ICICT/FIOCRUZ, que por sua vez recebeu a atribuição da média de um vírgula cinquenta (1,50), que se equipara à classe C. A partir do resultado das somas das análises de um (temperatura) + dois (umidade) + dois (iluminação) + um (poluição) igual a seis dividido por quatro, que é o número dos índices de inferência (temperatura, umidade, iluminação e poluição).

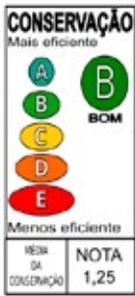
Essas informações fazem com que seja delimitado o estado do ambiente em que se propõe qualificar, e devido a isso se dá a média equivalente do ambiente proposto que, no caso, é o Armazém A1 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.

Este resultado corrobora para o estado de conservação e preservação do acervo da biblioteca. É possível notar que o sistema de monitoramento e o sistema de climatização têm contribuído para que o resultado da qualificação seja eficaz para a conservação e a preservação do acervo, que está sob a salvaguarda da biblioteca.

A Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ teve uma média geral de um vírgula cinquenta ficando na classe C (REGULAR), ou seja, devido ao seu índice de inferência de temperatura estar abaixo de 20°C, a falta de controle de umidade propicia valores acima de 60%, o que não é adequado para a conservação do acervo e do espaço de guarda da biblioteca.

Na Figura 21 veremos a simulação dos dados que foram coletados do Armazém A2 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ. Esta simulação do espaço de guarda do Armazém A2 baseia-se nas mesmas informações coletadas no período de análise do Armazém A1.

Figura 21: Resultado do Armazém A2 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.

SISTEMA DE ANÁLISE AMBIENTAL	
AMBIENTE	Armazém A2 da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ
DATA	04/11/2021 18:01
Temperature	20,2 °C
Umidade	58,2 %
Iluminância	500 lux
Poluição	26,87 µg/µsm
Temperatura do ponto de orvalho	11,49 °C
Amplitude de condensação	8,51 °C
Umidade absoluta	10,02 g/m3
Índice de permanência IP	0,86
Permanência em anos	38,70
Umidade de ativação de fungos no ambiente	70,97 %
Crescimento de fungos no ambiente:	0,00 dia(s)
Sem probabilidade de fungos no ambiente	
Sem probabilidade de oxidação de objetos em metal	
Sem condições de condensação	
Classificação AMBIENTAL 1,25	
RISCO BIOLÓGICO (INSETOS) MODERADO	
	
VOLTAAR	

Fonte: Autor.

Perante os dados dos parâmetros da Figura 21, precisamente pode-se ver que o Armazém A2 é um ambiente quase que ideal para a conservação dos objetos. Portanto, o cuidado com a conservação e preservação do ambiente e do acervo não deve ser interrompido, pois quanto maior a permanência dentro das condições aceitáveis, o ambiente manterá a preservação do acervo.

O resultado de análise do Armazém A2 indicou que o ambiente ficou com uma média de 1,25, colocando o mesmo na classe B (BOM). Sua classificação deve sempre ser observada pela instituição e pelos profissionais que atuam com a preservação de acervos, para que não se tenha uma

queda na qualificação. A iluminação também é preocupante em ambos os ambientes, pois, por se tratar de um acervo em suporte papel, têm-se um cuidado perante a radiação UV que incide diretamente sobre o acervo fazendo com que o mesmo se deteriore com mais facilidade.

O sistema de qualificação da conservação do ambiente está a cada dia mais apto para a análise da conservação, contribuindo para a preservação do ambiente e dos objetos de C&T, auxiliando para que o profissional de conservação tenha um embasamento adequado do índice de preservação proporcionado pelo ambiente para evitar a degradação do acervo.

A apuração da qualidade ambiental, através do sistema, possibilita um corte temporal do nível de preservação dos objetos acondicionados em cada ambiente de guarda. Entretanto não se deve esquecer dos métodos de conservação amplamente utilizados que servem para subsidiar a estabilidade do ambiente e do acervo. A higienização e os métodos que mantêm o ambiente aceitável para a guarda de acervos devem ser os mais rigorosos possíveis no que se refere à constante melhoria dos índices de temperatura, umidade, iluminação e poluição.

Considerações finais

Para a aplicação desse modelo desenvolvido para os acervos com suporte em papel, delimitamos o espaço da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ para estudo, uma biblioteca tradicional com um espaço de leitura e pesquisa, assim como, os tradicionais salões de pesquisa. A partir dos limites baseados nos parâmetros ambientais de temperatura, umidade, iluminação e poluição atmosférica. Dentro da biblioteca se inserem diversos fatores ambientais que foram importantes para realização da pesquisa. Embora tivessem dificuldades para a implementação de um produto que qualificasse a conservação de um ambiente de acervos, o sistema de qualificação da conservação ambiental foi desenvolvido para facilitar a análise de ambientes de guarda/reservas técnicas.

O sistema de qualificação passou por algumas dificuldades no momento da busca dos dados e informações referentes ao clima e à poluição atmosférica. Mas diante dessas dificuldades, foi possível desenvolver o sistema e trazer uma facilidade de recepção do resultado de conservação do ambiente que contém o acervo que correspondem o desenvolvimento das atividades de salvaguarda, conservação dos ambientes e dos acervos da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ.

O modelo é alimentado através de informações pertinentes que são coletadas a partir dos servidores dos órgãos públicos e dos sistemas de monitoramento existentes, trazendo uma acreditação desses dados. Por se tratarem de dados de superfície, estes são disponibilizados por sensores de altíssima qualidade abrangendo toda uma gama de formulação e integração do sistema.

A Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ, hoje com os dados apurados pelos órgãos competentes, está exposta às mais diversas transformações climáticas, e com isso, deve-se ter um cuidado na disponibilização dos acervos para que o visitante possa usufruí-la de modo seguro.

A automação da qualificação da conservação, com as parametrizações, facilitou para uma hábil análise, que identificou que o Armazém A1 e o Armazém A2, apesar de fazerem parte do mesmo edifício e serem no mesmo andar, não possuem o mesmo resultado qualificatório.

Os selos gerados pelo sistema de qualificação ficarão expostos para a observação dos profissionais que atuam com a preservação de acervos, técnicos e a direção da instituição. A partir da tela disponibilizada pelo sistema, os profissionais da biblioteca poderão determinar uma possível interdição no ambiente de guarda/reserva técnica, no que se refere à prática de empréstimo do acervo e até mesmo de pesquisa.

Espera-se que esse sistema possibilite ao profissional que atua com a preservação de acervo e/ou técnico responsável pela salvaguarda do acervo um monitoramento mais eficaz e acessível, contribuindo, assim, para a conservação dos ambientes e o monitoramento dos agentes de deterioração que poderão atingir de forma negativa os acervos.

Para tanto, foi realizada uma discussão sobre os fatores que expõem o ambiente a vulnerabilidades que implicam diretamente na conservação do acervo da Biblioteca de Manguinhos do ICICT/FIOCRUZ. Por este viés, foi possível depreender que a constituição do patrimônio não se dá fora do contexto sócio-histórico em que este se encontra e não é independente das conjunturas políticas das sociedades consideradas.

A partir da construção do sistema foi possível o processamento das informações atribuídas pelos especialistas do acervo. Entretanto, a utilização de um sistema informatizado, modelado para atender à qualificação do ambiente de acervos bibliográficos, propicia um aumento na

velocidade na conservação dos acervos que receberão o selo de qualificação. Portanto, o sistema será útil para auxiliar na auditoria e rastreabilidade de novos resultados.

O sistema de qualificação tem suas limitações, pois está atrelado à disponibilidade de alguns dados como os de temperatura interna, umidade interna, iluminação interna e poluição externa ou interna, não trazendo um resultado em certas ocasiões, pois nem todas as bibliotecas possuem a guarda destes dados.

Portanto, o modelo sempre terá que passar por atualizações, pois isso é comum a qualquer sistema que tem como interesse a disponibilização de informações em tempo real. O sistema de qualificação tem uma interface única, por este motivo e por toda a gama de informações disponibilizadas através do sistema, pretende-se que os usuários terão uma relevante experiência na sua utilização.

O sistema de qualificação poderá ser implementado em qualquer tipo de instituição, sendo museológica, arquivística e/ou bibliográfica. As instituições possuem uma diversidade de tipologias de acervos, com isso, o sistema será adaptado para a formulação que for disponibilizada, diante das políticas de preservação de acervos e com foco na conservação e preservação dos ambientes de guarda/reservas técnicas.

Referências

Ensaio do Seminário Oficina em gestão de riscos ao patrimônio museológico = Ensayos del Seminario Taller en Gestión de Riesgos al Patrimonio Museológico = Essays from the Museum Heritage Risk Management Professional Training Institute / Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação a Ciência e a Cultura, *Programa Ibermuseum* – Brasília, DF, 2014.

HOLLÓS, Adriana Cox; PEDERSOLI JR, José Luiz. Gerenciamento de riscos: uma abordagem interdisciplinar. *Ponto de Acesso*, v. 3, n. 1, p. 72-81, 2009.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, INMETRO. Disponível em: <<https://www4.inmetro.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>> – Acesso em: 19 jun. 2020.

OGDEN, Sheryllyn. *Temperatura, umidade relativa do ar, luz e qualidade do ar*: diretrizes básicas de preservação. 1997.

PADFIELD, T. Fundamental microclima concepts. *In: Contribution to the conference in Copenhagen, The National Museum of Denmark*. 2009.

PEDERSOLI JR., José Luiz, ANATOMARCHI, Catherine; MICHALSKI, Stefan. Guia de Gestão de Riscos para o Patrimônio Museológico. *In: Ibermuseum. ICCROM*. p. 1-122, 2016.

Sistema CONCLIMA. Disponível em: <jzdigital.com.br/conclima> - Acesso em: 25 fev. 2021

Sistema de Qualificação do Ambiente. Disponível em: <jzdigital.com.br/jz.ia> - Acesso em: 24 fev. 2021.

TEIXEIRA, Lia Canola; GHIZONI, Vanilde Rohling. *Conservação preventiva de acervos*. Florianópolis: Fcc, 2012.

XEXÉO, G. *Modelagem de sistemas de informação: da análise de requisitos ao modelo de interface*. Online, 2007.

Conheça todos os volumes do **MAST Colloquia** em:
<http://www.mast.br/pt-br/publicacoes.html>