UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

ANNA LAURA CANUTO ROCHA DE ANDRADE

Sustentabilidade em museus: análise de microclimas em espaços de conservação em instituições de São Paulo

São Paulo

2020

ANNA LAURA CANUTO ROCHA DE ANDRADE

Sustentabilidade em museus: análise de microclimas em espaços de conservação em instituições de São Paulo

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 11 de dezembro de 2020. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital e Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia

Orientador:
Prof. Dr. Andrea Cavicchioli

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8 -4936

Andrade, Anna Laura Canuto Rocha de
Sustentabilidade em museus: análise de microclimas em
espaços de conservação em instituições de São Paulo / Anna Laura
Canuto Rocha de Andrade ; orientador, Andrea Cavicchioli – 2021.
111 f : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-
Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e
Humanidades, Universidade de São Paulo, em 2020
Versão corrigida

1. Museus - São Paulo - Aspectos ambientais. 2.
Conservação museológica. 3. Reserva técnica (Museologia) -
Aspectos ambientais. 4. Sustentabilidade. I. Lenzi, Cristiano
Luis, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 069.53098161

Nome: ANDRADE, Anna Laura Canuto Rocha.

Título: Sustentabilidade em museus: análise de microclimas em espaços de conservação em instituições de São Paulo

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia

Aprovado em: 11 / 12 / 2020

Banca Examinadora

Profa. Dra. Michele Simões Reboita
Universidade Federal de Itajubá

Dra. Teresa Cristina Toledo de Paula
Museu Paulista da Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Helene Mariko Ueno
Escola de Artes Ciências e Humanidades da-Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Andrea Cavicchioli pela motivação constante e por compartilhar seu conhecimento com muita paciência, gentileza e disponibilidade.

Aos responsáveis pelas instituições que cordialmente abriram suas portas, forneceram informações e possibilitaram a coleta dos dados utilizados na pesquisa: Prof. Dr. Antonio Fernando Costella e a Sra. Leda Campestrin Costella do Museu Casa da Xilogravura; a LÍlian Miranda Bezerra e Arize Pinheiro do Arquivo Geral da Universidade de São Paulo e a Profa. Dra. Solange Ferraz de Lima e toda equipe do Serviço de Documentação Histórica e Iconografia do Museu Paulista.

À Profa. Dra. Adalgiza Fornaro e a Profa. Dra. Dalva L. A. de Faria por permitirem a realização de análises laboratoriais realizadas no IAG-USP e no IQ-USP e aos profissionais do Conjunto Multidisciplinar de Pesquisa da EACH-USP, especialmente Ervin e Kelliton pelo auxílio com os equipamentos durante a primeira fase da pesquisa.

Aos companheiros de trabalho do SVDHICO Ricardo da Mata, Rodrigo Irponi, Tatiana Vasconcelos e Thiago Malakowsky que sempre foram muito presentes durante todo o período da pesquisa, seja passando com informações técnicas relevantes ou uma piada oportuna.

Aos colegas e amigos que sempre me apoiaram com muito carinho e/ou uma xícara de café com ouvidos atentos e boas soluções para as dúvidas interdisciplinares que surgiam: Ana Clara Azevedo, Ana Paula Nascimento, Igor Chaves, Jucyara Santos, Juliana Bittencourt, Juliana Alves, Leandro Melo, Leonardo Cunha, Maria Luisa Farom, Renata Voss, Viviane Portela, e Yussra A. Ghani.

E finalmente, agradeço à minha família: minha sogra Capitulina e ao meu sogro José pelo apoio incondicional dos últimos tempos e que certamente foi fundamental para que eu conseguisse me dedicar à realização desse trabalho. Aos meus avós Laura e Zeca (*in memoriam*), minha tia Vera, meus pais Andrade e Carmem, minha irmã Isabella e meu cunhado Thyago sempre muito presentes na minha vida, dividindo e vibrando comigo a cada conquista.

Ao meu marido Saulo por tudo, inclusive pelas leituras, correções, filmes, cafés e principalmente por não me deixar desistir.

Para Nina, minha filha, por ser a alegria do meu coração e um farol na minha vida.

E Fiona, pela companhia sincera.

(BECK, Alexandre, 2017).

Disponível em: <https://tirasarmandinho.tumblr.com/> Acessado em 15 de março de 2020.

RESUMO

ANDRADE, Anna Laura Canuto Rocha. **Sustentabilidade em museus**: análise de microclimas em espaços de conservação em instituições de São Paulo. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Versão corrigida.

A pesquisa resgata os principais caminhos de aproximação do universo da conservação de bens culturais às tendências da sustentabilidade e, em particular, discute o papel do diagnóstico microclimático de espaços interiores destinados à função museológica na definição das estratégias de conservação preventiva embasada nos princípios de tal movimento. Essa análise se articula com estudos de caso nos quais se avaliam os comportamentos dinâmicos de parâmetros físico-ambientais (temperatura e umidade) coletados durante o período de um ano em espaços internos de uma reserva técnica do Museu Paulista da Universidade de São Paulo (cidade de São Paulo), de uma sala de exposição do Museu Casa da Xilogravura (cidade de Campos do Jordão) e de uma das salas de armazenamento do Arquivo Geral da Universidade de São Paulo (cidade de São Paulo), confrontados com as variações climáticas externas. Em particular, no caso da reserva técnica do Museu Paulista, foi investigado também como se comportam espaços mais segregados (caixa de armazenamento e interior do mobiliário usados para a guarda das coleções) visando entender como o seu emprego constitui uma medida mitigatória para minimizar efeitos prejudiciais associados com os fatores microclimáticos. Os resultados e suas interpretações permitem corroborar a importância do diagnóstico dos espaços de conservação como ferramenta de planejamento de ações preventivas alternativas às tradicionais abordagens de controle ambiental mecanizado e automatizado, vislumbrando estratégias passivas que valorizem potencialidades existentes, minimizando vulnerabilidades individuadas e contribuindo concretamente para a articulação com um mundo sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Museus. Bens culturais. Conservação preventiva. Microclima.

ABSTRACT

ANDRADE, Anna Laura Canuto Rocha. **Sustainability in museums**: analysis of microclimate in conservation spaces in São Paulo. 2020. 110 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2020. Corrected version.

The research retrieves and presents the main ways of bridging the universe of cultural heritage conservation with the trends of sustainability and, in particular, discusses the role of microclimate diagnostics of areas used for museological functions in the definition of preventive conservation strategies based on the principles of such movement. This analysis is articulated with case studies in which the dynamic behaviour of physical-environmental parameters (temperature and humidity) collected during a one-year time interval in internal areas of three locations : one museum storage area at Museu Paulista of the University of São Paulo (in São Paulo), an exhibition room at Museu Casa da Xilogravura (in Campos do Jordão) and one of the storage areas of the General Archive of the University of São Paulo (in São Paulo), in the light of external climatic variations. In particular, in the case of the area at Museu Paulista, secluded spaces used to store collections were also investigated in order to understand how their use constitutes a mitigating measure to minimize harmful effects associated with microclimate factors. The results and their interpretation allow corroborating the importance of diagnostics of conservation areas as a planning tool for preventive actions alternative to traditional approaches based on mechanized and automated environmental control. Moreover, they enable envisioning passive strategies that value existing potentials, minimize individual vulnerabilities and concretely contribute to the articulation with a sustainable world.

Keywords: Sustainability. Museums. Cultural heritage. Preventive conservation. Microclimate.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que fazem parte da Agenda 2030, definidos em 2015. 20
- Figura 2. Imóvel que sedia a Reserva Técnica do Museu Paulista. Na imagem central: localização da casa, situada entre a vegetação do Parque da Independência e outras construções em imagem com zoom a 150m do solo. À esquerda: planta baixa do piso térreo com distribuição de móveis e destaque (em vermelho) para a área central da reserva técnica que foi monitorada; o ponto em destaque é a localização do aparelho de monitoramento. À direita: foto da fachada do imóvel. 45
- Figura 3. Detalhe do espaço monitorado no MP. À esquerda, planta do imóvel com a localização dos aparelhos utilizados. À direita, fotografia da sala monitorada na reserva técnica do Museu Paulista (microambiente MP-A) com destaque em vermelho para o equipamento instalado a uma altura de 2m do piso e fotografia aproximada de todos os equipamentos utilizados. 46
- Figura 4. Fotografia do gaveteiro de metal com detalhe interno do *datalogger* utilizado no monitoramento (microambiente MP-B). 47
- Figura 5. Fotografia dos módulos deslizantes com detalhe para caixa de acondicionamento e embalagem interna com *datalogger* utilizado no monitoramento (microambiente MP-C). 47
- Figura 6. Imóvel que sedia o Museu Casa da Xilogravura. Na imagem central: localização da casa, situado em área residencial com vegetação em imagem com *zoom* a 150m do solo. À esquerda: planta baixa do museu com disposição das salas e destaque (em vermelho) para a área monitorada (sala 7). À direita: foto da fachada do imóvel. 48
- Figura 7. Construção que sedia o Arquivo Geral da Universidade de São Paulo. Na imagem central: localização da edificação situada dentro da Cidade Universitária (destacada em amarelo). À esquerda: planta baixa do piso térreo com disposição das salas e destaque (em vermelho) para a área monitorada (sala D). À direita: foto da fachada. 49
- Figura 8. Valores horários da temperatura do ar externos (estação do CGE, linha azul) e na sala de reserva técnica do MP (linha cor laranja), no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. 55

Figura 9. Médias mensais de temperatura na reserva técnica do MP. As barras azuis representam os valores externos e em cor laranja, os valores internos.	56
Figura 10. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na reserva técnica do MP. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.....	56
Figura 11. Valores horários de temperatura da Reserva Técnica do MP no inverno (A) e no verão (B). As linhas azuis representam os valores externos e as de cor laranja, os valores internos.	57
Figura 12. Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na Reserva Técnica do MP em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os valores internos.	58
Figura 13. Gráficos de caixa dos valores das amplitudes de temperatura e de umidade relativa da Reserva Técnica do MP divididos por dia de semana. As amplitudes foram calculadas para todos os dias dos períodos monitorados como diferença entre o valor máximo e mínimo de cada dia. Em vermelho, os dias de suspensão das atividades nos locais.	59
Figura 14. Médias mensais de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras azuis representam os valores externos e em laranja, os valores internos.	60
Figura 15. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.....	60
Figura 16 Valores horários da umidade relativa do ar medida na estação do CGE (linhas azuis) e na sala de reserva técnica do MP, no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.	61
Figura 17 Detalhe dos Gráficos dos valores horários de umidade relativa da Reserva Técnica do MP no inverno (A) e no verão (B) As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os internos.	62
Figura 18. Detalhe do período de descontrole da umidade do ar ocorrido no interior da reserva técnica do MP em janeiro-fevereiro de 2019. As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os internos.	63

Figura 19 Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na reserva técnica do MP. Na figura A, a linha azul representa os valores internos e a linha cor laranja os valores externos, no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.	63
Figura 20. Valores horários da temperatura do ar medida na sala de reserva técnica do MP e em dois tipos de acondicionamento no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. Em ambas as figuras, as linhas laranjas representam valores de MP-A. Na figura 20A, a linha verde representa os valores de MP-B. Na figura 20B, em preto, estão os valores MP-C.	64
Figura 21 Médias mensais de temperatura na reserva técnica do MP. As barras cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B e em preto, os valores MP-C.	65
Figura 22 Médias mensais de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B e em preto, os valores MP-C.	65
Figura 23 Gráficos dos valores horários de temperatura da Reserva Técnica do MP no inverno (A e B) e no verão (C e D). As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 23A) e em preto, os valores MP-C (Figura 23B).	65
Figura 24. Valores horários da umidade relativa do ar medida na sala de reserva técnica do MP e em dois tipos de acondicionamento no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 24A) e em preto, os valores MP-C (Figura 24B).	66
Figura 25 Gráficos dos valores horários de umidade relativa da Reserva Técnica do MP no inverno (A e B) e no verão (C e D). As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 25A) e em preto, os valores MP-C (Figura 25B).	67
Figura 26 Detalhe do período de baixíssima umidade do ar ocorrido no interior da reserva técnica do MP em fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 26A) e em preto, os valores MP-C (Figura 26B).	68
Figura 27. Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na reserva técnica do MP e em dois tipos de acondicionamento no	

período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 27A) e em preto, os valores MP-C (Figura 27B).	69
Figura 28. Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala exposição do MX (linhas rosas), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.	70
Figura 29 Médias mensais de temperatura na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e aquelas em cor de rosa, os valores internos.	70
Figura 30 Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na sala de exposição do MX. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.....	70
Figura 31 Gráficos dos valores horários de temperatura da sala de exposição do MX no inverno (A) e no verão (B). As linhas pretas representam os valores externos e linhas rosas, os valores internos.....	71
Figura 32 Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na sala de exposição do MX em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). As linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.	72
Figura 33 Gráficos de caixa dos valores das amplitudes de temperatura e de umidade relativa da sala de exposição do MX divididos por dia de semana. As amplitudes foram calculadas para todos os dias dos períodos monitorados como diferença entre o valor máximo e mínimo de cada dia. Em vermelho, os dias de suspensão das atividades nos locais.	73
Figura 34. Médias mensais de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e na cor rosa, os valores internos. ..	74
Figura 35. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.	74
Figura 36 Valores horários da umidade relativa do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linhas rosas), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.....	75

Figura 37 Gráficos dos valores horários de umidade relativa da sala de exposição do MX no inverno (A) e no verão (B) As linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.	76
Figura 38. Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na sala de exposição do MX. Na figura A, a linha preta representa os valores internos e a linha rosa os valores externos, no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.....	76
Figura 39 Médias mensais de temperatura na sala de exposição do AG. As barras pretas representam os valores externos e em azul, os valores internos.....	77
Figura 40 Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na sala de exposição do AG. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os máximos.	77
Figura 41 Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linhas azuis), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.	78
Figura 42 Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na sala de exposição do MX em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). s linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.....	79
Figura 43 Médias mensais de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e em azul, os valores internos.	80
Figura 44 Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linha azul), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.	80
Figura 45 Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na sala de exposição do MX. Na figura A, a linha preta representa os valores internos e a linha azul os valores externos, no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.....	81
Figura 46. Gráfico de frequência de ocorrência das flutuações de UR no MP, MX e GA (as curvas foram suavizadas com o método das médias adjacentes para melhorar a visualização.	82
Figura 47. Médias mensais da taxa de degradação (r) na reserva técnica do MP. O mês de março foi desconsiderado por não possuir dados completos.....	85

Figura 48. Médias mensais da taxa de degradação (r) na sala de exposição do MX. O mês de julho foi desconsiderado por não possuir dados completos.....	85
Figura 49. Médias mensais da taxa de degradação (r) na sala D de armazenamento do AG. O mês de julho foi desconsiderado por não possuir dados completos.	85
Figura 50. Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MP.	87
Figura 51. Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MX.	87
Figura 52. Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no AG.	87
Figura 53. Gráfico de frequência de ocorrência das flutuações de UR no MP, MX e GA (as curvas foram suavizadas com o método das médias adjacentes para melhorar a visualização.	97
Figura 54. Valores da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MP. No período de dezembro a fevereiro os valores foram alterados de acordo com as condições indicadas em cada situação A, B e C.	98
Figura 55. Valores da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MX. No período de dezembro a fevereiro os valores foram alterados de acordo com as condições indicadas em cada situação A, B e C.	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Quadro apresentado em SOUZA (2008) com vantagens e desvantagens de alguns métodos de controle ambiental.....	26
Quadro 2. Principais problemas em acervos culturais relacionados aos efeitos da poluição	29
Quadro 3 Especificações de temperatura e umidade relativa em espaços de conservação sistematizado por Stefan Michalski para uso no manual ASHRAE.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Arquivo Geral da Universidade de São Paulo
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas
ICCROM	Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro de Bens Culturais
ICOM-CC	Conselho Internacional de Museus
IIC	Instituto Internacional de Conservação
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IP	Índice de preservação
MP	Museu Paulista
MP-A	Microambiente monitorado da RT-MP, corresponde à sala.
MP-B	Microambiente monitorado da RT-MP, corresponde ao gaveteiro.
MP-C	Microambiente monitorado da RT-MP, corresponde à caixa.
MX	Museu Casa da Xilogravura
ONU	Organização das Nações Unidas
r	Taxa de deterioração química
RT-MP	Reserva técnica no Museu Paulista
SAUSP	Sistema de Arquivos da Universidade de São Paulo
SVDHICO	Serviço de Documentação Histórica e Iconografia
T	Temperatura
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UR	Umidade relativa
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	APROXIMAÇÃO ENTRE SUSTENTABILIDADE, CULTURA E PATRIMÔNIO: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS DEBATES INTERNACIONAIS	14
1.2	OS AMBIENTES DE COLEÇÕES NA PERSPECTIVA DA CONSERVAÇÃO PREVENTIVA DOS BENS CULTURAIS	20
1.3	SUSTENTABILIDADE EM MUSEUS E A GESTÃO DOS ESPAÇOS DE CONSERVAÇÃO	30
2	JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	39
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	41
3.1	DESENHO METODOLÓGICO	41
3.2	DESCRIÇÃO DOS ESPAÇOS MONITORADOS	42
3.2.1	Reserva Técnica do Serviço de Documentação Histórica e Iconografia do Museu Paulista	42
3.2.2	Museu Casa da Xilogravura	45
3.2.3	Arquivo Geral da Universidade de São Paulo	47
3.3	MONITORAMENTO.....	48
3.4	MÉTRICAS DE PRESERVAÇÃO.....	50
4	RESULTADOS	53
4.1.	CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA NO MUSEU PAULISTA ..	53
4.2	COMPARAÇÃO ENTRE MICROCLIMAS DE ACONDICIONAMENTOS NO MUSEU PAULISTA	61
4.3	CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA NO MUSEU CASA DA XILOGRAVURA	67
4.4	CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA NO ARQUIVO GERAL....	74
4.5	MÉTRICAS RESULTANTES DO MONITORAMENTO AMBIENTAL	79
4.5.1	Flutuações de umidade relativa	79
4.5.2	Índice de preservação (IP)	80
5	DISCUSSÃO.....	85
5.1	AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO	88
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
	REFERÊNCIAS.....	101

1. INTRODUÇÃO

1.1. APROXIMAÇÃO ENTRE SUSTENTABILIDADE, CULTURA E PATRIMÔNIO NUMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS DEBATES INTERNACIONAIS

A palavra sustentabilidade é definida como a capacidade de se sustentar ou manter, sendo condição primordial para uma ação contínua que visa a conservação ou manutenção de algo importante: “qualidade ou propriedade do que é sustentável, do que é necessário `conservação da vida¹”; uma ação “baseada na utilização de recursos e na implantação de atividades industriais de forma a não esgotar ou degradar os recursos naturais²”. Enquanto conceito, foi originalmente concebido diante das preocupações ambientais nas últimas décadas do século XX e rapidamente se expandiu, incorporando novos debates, influenciando e sendo influenciado pelas novas demandas sociais a medida que a sociedade refletia sobre a necessidade de harmonizar a preservação dos recursos naturais com a diminuição das desigualdades para a construção de um futuro sustentável (SILVA, 2011).

Esse conceito nasceu de um posicionamento crítico sobre os padrões de produção e consumo da sociedade moderna a partir de uma reflexão sobre as consequências dos ideais capitalistas de progresso baseados no forte processo de industrialização desde o século XIX. A utilização dos recursos naturais convertidos em bens de consumo passou a figurar como item indispensável para manutenção de um padrão de vida nas cidades, cada vez mais dependentes de fontes de energia e voltada para a aquisição de bens. Apenas no início da década de 1970 com a crise do petróleo, a sociedade se viu pressionada a pensar sobre formas alternativas de se relacionar com o meio-ambiente, a fim de usufruir destes recursos de forma menos agressiva, questionando sobre o seu papel na preservação dos recursos naturais e se inserindo como sujeito atuante nesse processo (MCCARTHY et al., 2014; ZANIRATO, 2016).

Nas três últimas décadas do século XX, a busca por alternativas mais eficientes e seguras no campo energético se tornou um objetivo urgente e trouxe importantes reflexões sobre a adoção de novos hábitos que foram incorporados nos mais diversos setores da sociedade no início do século XXI. Diante das vulnerabilidades impostas pelo contexto

¹ Definição do Dicionário Aurélio on-line. Disponível em; <https://www.dicio.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 15 out. 2020

² Definição do Pequeno Dicionário Houassiss da língua portuguesa (2015).

ambiental, houve uma politização dos debates sobre a preservação de recursos naturais, sugerindo que o acesso a um ambiente sem degradações seria um direito básico a todos os cidadãos para ter uma vida digna. O surgimento dessa “consciência preservacionista” foi amparado pelos avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas do século XX e se consolidou com forte atuação de organizações não-governamentais que passaram a exigir melhores condições de vida no planeta (PELEGRINI, 2006).

Os debates internacionais se voltaram para a finitude dos recursos naturais com a preocupação justificada de conservação diante do modelo de desenvolvimento socioeconômico que desconsiderava a possibilidade de escassez, reforçando sua exploração indiscriminada. Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Conferência Internacional sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo³, centralizando essas inquietações e tornando pública a urgência no desenvolvimento de políticas e ações que não apenas controlassem o uso indiscriminado desses recursos, mas que colaborassem com a redução de danos ao meio ambiente, propondo reflexões quanto a forma como os recursos vinham sendo utilizados e chamando atenção sobre o papel da sociedade no processo de destruição da biosfera diante de um possível esgotamento dos recursos naturais (ZANIRATO, 2016).

Em 1987, a divulgação do Relatório Brundtland⁴ pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas originou o termo “desenvolvimento sustentável” ao apresentar uma visão alternativa sobre desenvolvimento mais comprometida com o uso racional dos recursos naturais visando “satisfazer as demandas presentes da sociedade sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as próprias necessidades”. Essa proposta apresentou o conceito de sustentabilidade e deu início à guinada social dos debates ambientais, propondo um discurso mobilizador, de cunho mais educativo e inclusivo que compreendia a sociedade como parte do meio

³ A Conferência de Estocolmo de 1972 foi realizada de 5 a 16 de junho de 1972, sendo o primeiro evento da ONU para discutir a preservação ambiental. Esse evento é reconhecido como um marco para os debates socioambientais por tratar de temas que envolvem a busca do equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental, que anos após evoluiria para a noção de desenvolvimento sustentável. Declaração disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>. Acessado em 13 de janeiro de 2021.

⁴ Relatório Brundtland foi elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU. A publicação é intitulada de Our Common Future (ou Nosso Futuro Comum, em português) e publicado em 1987. O documento propõe o conceito de desenvolvimento sustentável, sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” e popularizando a expressão. Documento disponível em: <https://www.are.admin.ch/are/en/home/sustainable-development/international-cooperation/2030agenda/un-milestones-in-sustainable-development/1987--brundtland-report.html>. Acessado em 15 de janeiro de 2021.

ambiente. O relatório expôs a velocidade das mudanças climáticas, os riscos do aquecimento global e a destruição da camada de ozônio como resultado dos padrões equivocados de consumo e produção, evidenciando a necessidade de um novo tipo de relação entre sociedade e meio-ambiente com a aproximação das esferas ambiental, política e social que seria amplamente difundida nas próximas décadas (SILVA, 2011).

No ano de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a II Conferência Geral das Nações Unidas sobre o Meio-ambiente e o Desenvolvimento Humano (ou “Rio 92”, como ficou mais conhecida). Baseada nos dados e informações expostas nas décadas anteriores, essa reunião teve ampla cobertura e divulgação internacional tornando-se referência para a definição de políticas socioambientais com importantes acordos internacionais para a preservação da biosfera e com a definição de metas para execução de ações que agregassem desenvolvimento econômico, conservação ambiental e justiça social. A Agenda 21⁵ foi o documento que sintetizou as propostas do evento, apresentando metas estabelecidas que buscavam a integração entre ambiente e sociedade a fim de preservar seus bens naturais, atrelando cidadania e desenvolvimento social. No documento nota-se o reconhecimento das diversidades culturais como fator importante nas ações voltadas ao desenvolvimento social e promoveu o estreitamento da relação entre comunidade e seu território visando proteger e minimizar o impacto das degradações no meio-ambiente e de suas consequências para as comunidades em nível local (PELEGRINI, 2006).

Durante a década 90 com a diminuição das tensões internacionais após o fim da Guerra Fria, foi estabelecida uma nova configuração política mundial marcada pelo neoliberalismo e grandes avanços tecnológicos. A divisão do mundo entre países ricos e pobres tornou nítido o desafio que se delineava para o século XXI em uma sociedade globalizada que almejava um futuro mais equitativo: a redução das desigualdades sociais. Para Veiga (2014), o conceito de sustentabilidade foi fortemente influenciado pelos compromissos assumidos na Declaração Universal dos Direitos Humanos⁶ em 1948 e emergiu como um valor no século XXI após o reconhecimento de fragilidades no campo ambiental durante as décadas de 1960 e 1970 e pela aproximação das demandas sociais, evidenciando seu compromisso com uma postura mais ética e positiva enquanto modelo alternativo de desenvolvimento.

⁵ Documento disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Table/Agenda-21-ECO-92-ou-RIO-92/>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

⁶ Documento disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Declara%C3%A7%C3%A3o-Universal-dos-Direitos-Humanos/declaracao-universal-dos-direitos-humanos.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

O alinhamento das demandas sociais e ambientais permitiu a compreensão da cultura enquanto importante instrumento de transformação social, incluindo a proteção dos bens culturais como uma necessidade imperativa diante do compromisso social de um futuro mais igualitário, garantindo o acesso aos bens essenciais a toda sociedade e às futuras gerações (TORELLY, 2015).

A preocupação com a preservação dos bens culturais vem sendo discutida desde as primeiras décadas do século XX na iminência dos conflitos sócio-políticos que se sucederiam durante todo século. Nesse contexto, a criação de órgãos internacionais como a ONU em 1945, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em 1946 e *International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property* (ICCROM) em 1956 tiveram um papel fundamental na centralização dos debates e sistematização das demandas sobre preservação e valorização dos bens culturais e da garantia dos direitos sociais aos cidadãos, sendo também fortemente influenciados pelos compromissos expressos na Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948, expondo a necessidade de colaboração mundial em defesa da educação, cultura e cidadania (FRONER, 2017).

Ainda no século XX, no cenário de fortes instabilidades e de reconstrução social do período pós-guerra, foi realizada a Convenção de Haia em 1954⁷. O evento, organizado pela UNESCO, foi uma resposta da comunidade internacional diante das perdas e danos aos bens culturais, tornando-se um dos pilares do direito internacional nessa área. Num momento de necessária reafirmação das identidades culturais para reconstrução da cidadania, as deliberações da Carta de Haia também possibilitaram uma ampliação do conceito de patrimônio cultural, compreendendo não apenas os bens de importância histórica ou artística, mas ampliando a definição com a incorporação dos bens de forte representação cultural tanto para a sociedade como para grupos sociais (ZANIRATO; RIBEIRO, 2006).

Em 1972 o forte apelo social dos debates de Estocolmo incutiram na sociedade um sentimento de responsabilização coletiva pelo seu território a partir da proteção e valorização dos seus bens naturais e culturais. No mesmo ano, a UNESCO promoveu a

⁷ Mais conhecida por Convenção de Haia, a Convenção para a Proteção dos Bens Culturais em Caso de Conflito Armado é um tratado internacional assinado a 14 de Maio de 1954, em Haia, por iniciativa da UNESCO, considerando as consequências da Segunda Guerra Mundial e as consequentes destruições de património cultural. Carta de Haia disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Direito-%C3%A0-Cultura-e-a-Liberdade-de-Associa%C3%A7%C3%A3o-de-Infirma%C3%A7%C3%A3o/convencao-para-a-protecao-dos-bens-culturais-em-caso-de-conflito-armado-convencao-de-haia.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural⁸, apresentando o conceito de Patrimônio Mundial que incorporou critérios baseados na autenticidade, universalidade e excepcionalidade dos bens culturais e naturais em vista do interesse mundial pela preservação da diversidade cultural e natural do planeta, o que alargou a compreensão sobre bens patrimoniais, indicando a aproximação dos debates sociais e ambientais ao considerar que a identidade de um povo também é construída a partir da sua interação com seu território (PELEGRINI, 2006).

A excepcionalidade das paisagens e sua relevância para preservação da biodiversidade, a valorização dos monumentos, sítios, edifícios e lugares com importância histórica, estética, artística ou antropológica permitiram a valorização da diversidade cultural pela relevância dessas realizações (modernas ou não) culturais no uso do território. Com isso, os riscos a esses bens englobaram os efeitos que dos impactos das mudanças climáticas, do crescimento urbano desordenado e da forte industrialização no meio-ambiente e na sociedade, justificando principalmente o esforço coletivo internacional para proteção de áreas naturais, principalmente (ZANIRATO; RIBEIRO, 2006).

Na América Latina outros dois grandes eventos fortaleceram os debates socio-culturais, e acompanharam os debates mundiais sobre a necessidade de redução das desigualdades sociais e pela reafirmação da cultura e educação enquanto ferramentas poderosas de inclusão e transformação social. Em 1972 foi realizada no Chile a “Mesa Redonda de Santiago”⁹ e em 1992 na Venezuela, o Seminário “A Missão do Museu na América Latina hoje: Novos Desafios”¹⁰. O evento de 1972 foi um marco para a guinada social das práticas museológicas na América Latina, discutindo o papel dos museus enquanto importante instrumento de inclusão e transformação social num contexto de forte pressão de governos antidemocráticos. O evento foi um marco da museologia e de grande

⁸ A Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, reconhecida como Recomendação de Paris, é um compromisso internacional assumido durante a Conferência Geral da UNESCO, realizada em Paris, entre 17 de outubro a 21 de novembro de 1972. Documento disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/UNESCO-Organiza%C3%A7%C3%A3o-das-Na%C3%A7%C3%B5es-Unidas-para-a-Educa%C3%A7%C3%A3o-Ci%C3%A3cia-e-Cultura/convencao-para-a-protecao-do-patrimonio-mundial-cultural-e-natural.html>. Acessado em 26 de janeiro de 2021.

⁹ A “Mesa-Redonda de Santiago”, foi um encontro que ocorreu no Chile entre os dias 20 e 31 de maio de 1972 sob coordenação da UNESCO e do ICOM. No documento final do evento, nota-se principalmente a preocupação institucional dos museus com seu papel para o desenvolvimento social a partir de ações educativas, tornando-se um marco para as ações museológicas. Documento produzido ao final do evento disponível em: <http://www.minom-portugal.org/docs-santiago1972.pdf>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

¹⁰ Realizado em Caracas, Venezuela, entre os dias 16 de janeiro e 06 de fevereiro de 1992. Documento produzido ao final do evento disponível em: <http://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2020/05/declaraciondecaracas1992.pdf>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

influência no fortalecimento das ações socioeducativas dentro dos museus e afirmando o compromisso social dessas instituições, reconhecendo a necessidade de atuação para além de suas funções técnicas mais tradicionais de proteger, conservar, documentar, pesquisar e comunicar suas coleções (NASCIMENTO JUNIOR; TRAMPE, 2012).

Em 1992, o seminário de Caracas discutiu o papel do museu diante da globalização e os desafios da América Latina para o século XXI. Os debates focaram na necessidade do estreitamento da relação entre museu e a comunidade, se voltando não apenas para a valorização e divulgação de seu acervo, mas sendo um espaço de diálogo com a sociedade que possibilite reflexões sobre a heterogeneidade social e afirmação das diversidades sociais e culturais e a consolidação dos laços com sua comunidade para o desenvolvimento social, tornando-se um importante instrumento de inclusão (HORTA, 2010).

O início do século XXI foi marcado pela atualização das agendas socioambientais apresentadas nas últimas décadas com importantes reflexões sobre os avanços e dificuldades encontradas. No horizonte da sustentabilidade, a preocupação com o patrimônio mundial foi ampliada e as ações de preservação dos bens culturais e naturais passaram a assumir um comprometimento maior com a transformação social e a acessibilidade desses bens em vista da importância da legitimação da diversidade numa sociedade globalizada (VASCONCELLOS, 2013). Da mesma forma que o aumento das áreas de preservação ambiental e a valorização dos saberes tornaram-se complementares no contexto de difusão dos ideais sustentáveis (ZANIRATO; RIBEIRO, 2006), se valendo do estreitamento da relação entre comunidade e território para a preservação dos bens naturais, da biodiversidade e das práticas e saberes locais, valorizando a atuação das comunidades com ações inclusivas que possibilitassem o desenvolvimento local (PELEGRINI, 2006; ZANIRATO, 2016).

Oficialmente, o reconhecimento da importância das comunidades e de suas formas de expressão (ritos, festas, saberes tradicionais, línguas e crenças) ocorreu durante a 32ª Conferência Geral da UNESCO em 17 de outubro de 2003 com o reconhecimento da categoria de patrimônio imaterial¹¹. O processo de valorização das diversidades culturais evidenciou o crescente interesse antropológico pelas realizações não-materiais da sociedade, estabelecendo uma estreita ligação com o empoderamento cultural e desenvolvimento social motivado no contexto de difusão da sustentabilidade com o desafio de incluir as comunidades na conservação de seus bens diante de um contexto de crescente

¹¹ Documento produzido ao final do evento disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Convencao_Salvaguarda_Patrimonio_Imaterial.pdf.

exploração mercadológica e de grandes dificuldades de formação de uma nova geração de detentores desses conhecimentos para perpetuação desses valores nas próximas gerações (ARANTES, 2014).

No ano de 2015, a ONU elaborou a Agenda 2030. Esse plano de cooperação internacional propôs um conjunto de ações transversais a nível global, reafirmando o objetivo da redução das desigualdades sociais. O documento é formado por 17 objetivos que se desdobram em 169 metas, com nítida ampliação do campo social quando comparado aos Objetivos do Milênio definidos em 2000 (Figura 1), sendo o resultado de quase três décadas de debates (ONU, 2015). Dentre os 17 objetivos, destacamos o de número 11 “Tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, mais especificamente a meta 11.4 “Fortalecer os esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo”.

Figura 1. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que fazem parte da Agenda 2030, definidos em 2015.

Fonte: UNESCO, 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acessado em: 29/09/2018

O acesso à cultura e consequentemente aos bens culturais passa a ser considerado como condição para o desenvolvimento social e a valorização da diversidade cultural na transição entre os séculos XX e XXI, possibilitando a leitura do patrimônio cultural não mais como ‘uma janela para o passado’, mas como um recurso estratégico de educação para diminuição das desigualdades, aumento das oportunidades e construção da cidadania (SILVA, 2002).

Os bens culturais tornaram-se a ligação entre sustentabilidade e cultura, e as discussões internacionais se voltaram para os debates sobre a necessidade de preservação desses recursos enquanto bens não-renováveis, não se restringindo apenas à conservação de sua materialidade, mas estando diretamente ligados à gestão de recursos e a criação de políticas culturais que possibilitem sua valorização e a devolução à sociedade, impactando

ainda na forma como as instituições culturais se posicionam diante dos riscos na preservação de seus acervos, tendo influenciado novas abordagens teóricas, técnicas e científicas no campo da conservação de bens culturais (ZANIRATO; CAVICCHIOLI, 2013; FRONER, 2017).

Apesar dos avanços sociais e do consenso mundial sobre a importância da preservação dos bens naturais e culturais para uma nação, Silva (2011) pontua que há uma ausência de políticas culturais no Brasil, tornando essas iniciativas fortemente voltadas aos interesses econômicos e mercadológicos e resultando em ações culturais instáveis, sujeitas às intempéries políticas, econômicas e incompatíveis com o desenvolvimento sustentável. Enquanto a urgência das ações de preservação do patrimônio cultural forem mensuradas e construídas principalmente de acordo com o retorno econômico, há grandes possibilidades de se resumirem a ações ou programas isolados e descontínuos.

1.2. OS AMBIENTES DE COLEÇÕES NA PERSPECTIVA DA CONSERVAÇÃO PREVENTIVA DOS BENS CULTURAIS

As ações de preservação, conservação e restauração possuem o objetivo comum de manter a segurança dos bens culturais evitando seu desaparecimento, porém, cada ação aponta para uma atuação distinta de forma a garantir maior segurança às coleções. O conceito de preservação é o mais amplo, permeando todos os setores envolvidos no processo de salvaguarda das coleções, englobando ações de ordem técnica, administrativas ou legais que visem garantir a segurança e a proteção dos bens culturais, incluindo os esforços necessários para implementação de ações e políticas institucionais que visem desde melhorias voltadas aos ambientes de coleção até iniciativas que garantam o acesso da sociedade ao seu patrimônio (GUIMARÃES, 2012).

As ações de conservação focam na manutenção física dos bens, podendo ser preventivas ou curativas com mínimo de intervenção direta possível. As ações preventivas envolvem iniciativas conjuntas direcionadas à proteção do acervo e ao gerenciamento do espaço, com foco principal no controle e monitoramento dos ambientes de coleções, no manuseio dos materiais, na armazenagem, no transporte e segurança de forma a prevenir riscos potenciais. No nível curativo, as ações de conservação se aproximam mais diretamente dos objetos, agindo para contenção de processos iniciais de degradação ou no reforço de suportes que necessitem de intervenção simples a fim de evitar danos maiores.

Por sua vez, ações de restauração são caracterizadas pela ação direta e individual nos objetos com tratamentos específicos, visando devolver ao objeto danificado características físicas perdidas e que estejam impedindo sua leitura ou que sejam um risco para a obra como um todo (ALCHORNE; COELHO DE SÁ, 2015).

Ações de restauro foram intensificadas na Europa como principal forma de preservação desde a Revolução Francesa e só na segunda metade do século XIX passaram a ser questionadas com o surgimento de um posicionamento antagônico, privilegiando a originalidade e limitando as ações diretas nos monumentos. No início do século XX, foram lançadas as bases da conservação moderna com reconhecimento da importância da aplicação de métodos científicos nas ações de restauração. Em 1930, numa reunião entre dirigentes de museus, historiadores e cientistas organizada pelo Escritório Internacional de Museus da Liga das Nações em Roma, foi compartilhado o desejo de fortalecer os estudos interdisciplinares voltados às ações de preservação de bens artísticos, arqueológicos e históricos e pela primeira vez o ofício da restauração assumiu um caráter sistemático, voltado para compreensão aprofundada dos materiais com estudos laboratoriais e compreendendo as dimensões documental e física dos bens culturais. Essa atuação permaneceu tímida até a década de 1970, quando a utilização de técnicas científicas ainda que ligadas aos procedimentos de autenticação de obras, reforçou a necessidade do trabalho conjunto entre diferentes campos do conhecimento, fazendo com que grandes museus criassem seus laboratórios e se unissem às universidades para implementar pesquisas com foco na preservação do patrimônio cultural material (FRONER E ROSADO, 2008).

Desde então, percebeu-se que a inserção de métodos científicos nas ações de preservação física dos bens culturais possibilitou um conhecimento mais aprofundado na composição dos materiais, ampliando o campo de atuação na área e exigindo uma maior especialização dos profissionais para uma atuação interdisciplinar que abrangesse as dimensões física e documental dos bens, delimitando os níveis de atuação profissional e definindo como premissa básica o ato de “conservar para não restaurar” (SOUZA, 2008). Nesse processo, as estratégias preventivas foram fortalecidas e a partir da década de 80, as ações de conservação nitidamente se voltaram para uma abordagem indireta baseada no controle dos agentes ambientais (luz, temperatura e umidade), deslocando o foco de atuação pontual nos objetos e possibilitando uma maior compreensão dos efeitos sobre as coleções. Na década seguinte, o tema do controle ambiental foi ampliado, se aproximando de uma proposta para gestão dos espaços mais completa que contemplasse não apenas o manejo dos agentes ambientais, mas a sistematização das rotinas que permitissem o

controle do espaço e o conhecimento mais aprofundado das dinâmicas atuantes nos ambientes, de forma a garantir um espaço mais seguro para os materiais (CAVICCHIOLI; ALEGRE; MARTINS, 2017).

Muitos autores concordam sobre a publicação de Garry Thomson “*The Museum Environment*” (1978) ser um marco dos estudos ambientais na área de conservação pela sistematização do conhecimento disponível até o momento, dando início à tendência preventiva das ações de conservação e que mais adiante foi ampliada por May Cassar na publicação “*Environmental Management – Guidelines for Museums and Galleries*” (1994), se mantendo mais próxima do que entendemos como conservação preventiva atualmente, estando baseada numa atuação mais ampla, ativa e atenta das instituições sobre a qualidade dos espaços e das rotinas estabelecidas, não restringindo a conservação apenas às habilidades do conservador. Staniforth (2010) aponta que a ideia de ações preventivas de manutenção como forma principal de conservar os monumentos arquitetônicos aparece em alguns autores no século XIX que se posicionavam contrariamente às ações de reconstrução de restauro em vista dos problemas decorrentes nas intervenções de restauro, sendo um dos primeiros momentos de articulação entre ações preventivas e conservação, mesmo que de forma incipiente.

Para Michalski (2004) há 100 anos a tarefa de conservar era restaurar e a partir das últimas décadas do século XX, os profissionais têm buscado cada vez mais prevenir os danos. À medida que o alcance das ações de conservação se ampliou com uma proposta mais preventiva, a compreensão dos agentes de degradação também se expandiu exigindo uma participação mais ativa e flexível das instituições em vista da necessidade de criação e implementação de protocolos transversais que alcancem a amplitude dos riscos. A publicação Guia de Gestão de Riscos para o Patrimônio Museológico (PEDERSOLI JR; ANTOMARCHI; MICHALSKI, 2017) apresenta de forma clara os agentes de deterioração que são responsáveis pelos danos mais frequentes às coleções e que atualmente guiam as ações de conservação preventiva nas instituições. São eles:

- Forças físicas: armazenamento, transporte, manuseio ou movimentações inadequadas que causam efeitos indesejáveis como deformações, rupturas e abrasões nos objetos.
- Atos criminosos: furto, roubos ou atos de vandalismos que acarretam no desaparecimento, desfiguração ou perda parcial dos bens.
- Fogo: ação acidental ou intencional que leva à perda total ou comprometimento parcial do bem ou do edifício. Normalmente está associado à falta de manutenção de

sistemas e equipamentos elétricos, negligência na guarda de produtos inflamáveis, na falta de controle nas rotinas nos espaços ou eventos externos como relâmpagos ou incêndios nas proximidades.

- Água: entrada accidental por fontes internas (infiltrações ou vazamentos) ou externas (enchentes ou chuvas fortes) ao edifício causando alterações físicas nos materiais (manchas, fragilização e deformação dos suportes, dissolução de pigmentos hidrossolúveis, corrosão de metais ou mofo) e no microclima interno.
- Pragas: infestação de microorganismos, presença de insetos, aves e roedores com danos físicos nos materiais em decorrência de seus hábitos de alimentação, excreção ou abrigo, causando manchas, perfurações ou rasgos.
- Poluentes: podem ter origem externa e interna, decorrentes de atividades urbanas (poeira ou fuligem) ou originados no próprio espaço interno pelo uso de materiais inadequados nos ambientes nas ações de limpeza do ambiente, nas ações de restauro ou liberados no processo de degradação de materiais. Podem causar alterações estéticas e fragilização dos suportes, tornando o espaço inadequado para os objetos e insalubre para os profissionais.
- Luz: a exposição dos bens ao sol e fontes artificiais de iluminação podem causar o esmaecimento das cores, amarelecimento e fragilização de suportes.
- Temperatura: é influenciada pelo clima local, irradiação solar, presença de lâmpadas incandescentes ou equipamentos de aquecimento (climatizadores). Índices elevados e grandes oscilações podem ocasionar danos mecânicos aos materiais (deformações e fragilização), atuando ainda na aceleração de reações químicas na degradação e no favorecimento de infestações por pragas e microrganismos.
- Umidade: é influenciada pelo clima local, pela presença de umidade no solo, pelo uso inadequado de climatizadores para resfriamento de espaços. Grandes oscilações ou manutenção de índices baixos podem ocasionar danos físicos e deformações; da mesma forma que índices altos podem causar corrosão de metais, manchas ou crescimento de microrganismos.
- Dissociação: ocorre com o extravio de objetos, perda de informações ou comprometimento de acesso. É causada pela falta de sistematização de informações (inventários incompletos, identificação insuficiente), pela obsolescência de equipamentos de armazenagem de dados, condição inadequada de armazenagem de acervo ou centralização de informação dentro das equipes.

No caso dos bens culturais materiais abrigados em museus, arquivos, galerias ou instituições que tenham como missão institucional a preservação de acervos e coleções, a compreensão dos riscos citados anteriormente e a manutenção da qualidade dos espaços internos é parte fundamental de sua função. Muitos dos agentes de deterioração estão diretamente ligados às condições climáticas internas dessas instituições e para que os edifícios funcionem como uma primeira camada protetora para o acervo é preciso compreender o microclima interno das edificações e reconhecer as variações microclimáticas nas diferentes escalas por meio do monitoramento contínuo desses espaços, pois parte importante da atuação preventiva é voltada para o controle das variáveis climáticas nesses locais, visto que nem sempre estão adequados às necessidades de conservação (MARTENS, 2012).

Microambientes são entendidos como um determinado espaço com atmosfera própria e que apresenta dinâmica climática específica (microclima) devido a uma limitação ou restrição que o separa de um ambiente mais amplo (CAMUFFO, 1998), garantindo determinada estabilidade aos materiais que estão em contato e ocasionando maior ou menor proteção diante da possibilidade de danos decorrentes dessa interação. Essa definição não necessariamente se aplica apenas a espaços internos, mas a toda e qualquer área que apresente condições climáticas particulares, podendo abranger áreas internas e externas como jardins, cavernas ou mesmo situações de bens culturais em contexto de soterramento como materiais arqueológicos, por exemplo. Dentro dos museus podem compreender desde salas específicas quanto interior de vitrines, embalagens de acondicionamento, espaços internos de molduras ou mesmo partes muito pequenas de objetos (CAVICCHIOLI, 2014).

Alguns métodos de controle ambiental estão baseados na exploração de escalas espaciais menores por serem mais acessíveis e de manejo mais facilitado com uso de caixas e vitrines especiais, principalmente em locais onde o uso de equipamentos de climatização não seja possível. Souza (2008) apresenta um quadro com vantagens e desvantagens de alguns meios de controles ambientais que se utilizam de diferentes escalas em ambientes de coleções (Quadro 1):

Quadro 1. Vantagens e desvantagens de alguns métodos de controle ambiental

MEIOS DE CONTROLE		
MEIOS	VANTAGENS	INCONVENIENTES
a) Mecânicos – climatização geral – ar condicionado	Sistema global – estabilização, conforto – controle de poluição	– não seletiva – risco de variações bruscas por pane – necessidade de manutenção constante – instalação cara e demorada
b) Mecânicos simples – desumidificadores – módulos de regulação	Sistema seletivo – utilização flexível – instalação simples – modulado em função das necessidades	– manutenção regular – risco de contaminação
c) Meios não mecânicos – materiais tampão – sílica gel (*38%); alumina ativada (*20%) e sulfato anídrico de cálcio (*10%) * percentual de água absorvida	Sistema hiperseletivo – adaptação a cada volume e volumes pequenos	– necessidade de mobiliário e vitrinas seladas

Fonte: SOUZA (2008, p.12)

Independente da escala que atuem, os fatores ambientais podem causar degradações de ordem física, química e biológica¹² nos objetos, interagindo com os materiais e causando danos que estejam diretamente ligados aos materiais de sua composição ou agregadas pelo histórico dos objetos mesmo antes de serem musealizados. Grande parte dos danos estão relacionados a fatores extrínsecos aos materiais que envolvem ações danosas nos objetos (seja por manuseio inadequado, intervenções questionáveis ou armazenagem mal projetadas, por exemplo) ou o descontrole dos fatores ambientais (temperatura, umidade, luz e poluentes) que podem agir negativamente nos materiais de forma individual ou em sinergia (MICHALSKI, 2004).

Temperatura e umidade relativa¹³ normalmente são tratadas em conjunto, pois atuam de forma interligada e sendo inversamente proporcionais. Juntas, essas variáveis são

¹² Para Cavichioli, Alegre e Martins (2017), a deterioração física ocorre pelo desgaste mecânico dos materiais. Quando o acervo está exposto à ação do microclima, esse tipo de deterioração decorre das flutuações de temperatura e principalmente da umidade relativa. Para esse tipo de deterioração, a atuação da umidade relativa é mais presente, pois influencia o conteúdo de água contida nos materiais, especialmente nos higroscópicos, tornando necessário optar sempre por um ambiente mais estável e com menores amplitudes, inclusive definindo uma faixa segura de oscilação. Na deterioração química, além da forte atuação da água na quebra de moléculas de vários materiais orgânicos, a temperatura atua exponencialmente na velocidade dessas reações. O decaimento biológico pode ser considerado um efeito secundário das condições microclimáticas nos objetos que propiciam a ação de organismos vivos nos materiais (especialmente microrganismos como fungos, bactérias e líquens), não se restringindo apenas aos materiais de composição orgânica.

¹³ O efeito da temperatura e da umidade relativa nos espaços de conservação é tratado pela maioria dos autores e é consenso tratar dessas grandezas de forma conjunta visto que há interferência mútua no descontrole de um dos fatores. Dessa forma, podemos considerar que a umidade relativa é a relação entre a quantidade de água existente num determinado volume de ar e a quantidade máxima que poderia haver a uma determinada temperatura, quando nesse caso haveria condensação. Sua relação com a temperatura se dá de forma inversamente proporcional (CAMUFFO, 1998; CAVICCHIOLI, 2014).

fundamentais para manutenção da integridade física dos bens, estando envolvidas direta ou indiretamente em todos os tipos de deterioração (física, química ou biológica). Todavia, a umidade absoluta¹⁴ também é um fator primordial para degradação dos materiais nas reações de hidrólise e nos danos mecânicos, visto que influencia diretamente os níveis de umidade relativa nos espaços trazendo consequentes alterações nos objetos, especialmente na realidade de instituições que possuem materiais orgânicos e/ou que estejam localizadas em áreas com alto índice de umidade (MACLEOD, 2015).

Flutuações bruscas nos níveis de umidade podem ocasionar danos mecânicos nos materiais, principalmente os higroscópicos devido ao estresse físico (contração e dilatação) pela constante troca de umidade com o ambiente. Nesse aspecto, limites seguros devem ser estabelecidos de acordo com a composição do material, seu histórico ambiental e o estado de conservação. Os danos mecânicos também podem ocorrer como resultado de processos químicos pela fragilização de suportes em nível molecular, no qual a temperatura atua fornecendo energia para o aumento da velocidade de reações de degradação. Nos casos de danos decorrentes dos processos de proliferação dos microorganismos ou da ação de insetos diretamente nos materiais, a infestação está principalmente condicionada a oferta de um ambiente propício: em particular, mesmo reconhecendo que cada espécie tenha suas necessidades, um ambiente com temperatura superior a 20°C e com umidade relativa acima de 70 a 75% é tido como favorável a ataques biológicos (CAVICCHIOLI; ALEGRE; MARTINS, 2017).

Os danos ocasionados pela incidência de luz (visível ou ultravioleta) são restritos basicamente aos materiais orgânicos: materiais de pedra, cerâmica e metais não apresentam tanta sensibilidade, porém têxteis, papéis, plumagens e qualquer outro material que contenha pigmentos tornam-se fortemente vulneráveis. A incidência de luz afeta diretamente a camada superficial ocasionando a fragilização do material e danos estéticos sob risco de descaracterização (SOUZA, 1994). Numa postura mais tradicional é indicado que áreas de armazenamento apresentem 150 lux¹⁵ ou menos em seus espaços e contem com mobiliário que proteja adequadamente os objetos, além de filtros nas janelas, cortinas e persianas para redução de luz natural e atenção especial ao tipo de iluminação escolhida e ao tempo de exposição, sendo indicada a permanência de luzes desligadas quando não houver atividades nos locais ou uso de filtros, especialmente em áreas de exposição

¹⁴ A quantidade efetiva de vapor de água num determinado volume de ar.

¹⁵ Unidade de medida utilizada para mensurar a intensidade luminosa que atinge uma determinada superfície por m².

(FRONER, 2008). Contudo, a definição de níveis seguros precisa considerar o estado de conservação dos objetos e sua sensibilidade, sendo indicado equacionar o tempo de exposição e a acessibilidade do público, visto que mesmo níveis muito baixos por muitas horas podem ser de grande risco aos objetos e não se adequem ao conforto visual do público, no caso de áreas expositivas (MICHALSKI, 2004).

Outro fator relevante é a poluição, principalmente em grandes centros urbanos, devido aos altos níveis de emissões veiculares e atividades industriais que afetam negativamente não apenas a qualidade de vida e a saúde da população, mas também tem chamado atenção pelo impacto nos bens culturais. Segundo Grzywacz (2006), os danos causados por poluentes urbanos nas coleções museológicas se dão em escala molecular, são cumulativos e ocorrem a partir de níveis muito baixos (em muitos casos só sendo detectados após os danos já serem visíveis). Os poluentes agem sinergicamente com outros fatores ambientais, principalmente a umidade.

A presença de poluentes tradicionalmente externos dentro das instituições (ozônio e dióxido de nitrogênio, principalmente em áreas urbanas) acrescenta mais uma variável para a gestão desses ambientes se considerarmos sua ação nos materiais e para a saúde dos ocupantes. O estabelecimento de estratégias de controle ambiental precisa considerar esse fator para manutenção da qualidade do espaço e levar em conta que está relacionado com a troca e circulação de ar entre o ambiente interno e externo nas instituições (CAVICCHIOLI et al., 2013).

Contudo, os poluentes também podem ter origem interna, sendo decorrentes principalmente da liberação de vapores originados dos processos de decomposição de alguns objetos ou mesmo pela utilização de produtos inadequados utilizados nesses locais principalmente nas rotinas de limpeza, confecção e pintura de mobiliário ou mesmo em embalagens ou nas intervenções de restauro, por exemplo. No artigo intitulado “*Trouble in Store*” (1982), Padfield, Erhardt e Hopwood ilustram várias situações ocorridas em áreas de guarda e nos espaços de acondicionamento, incluindo corrosões de metais, alteração de cor em pigmentos, liberação de poluentes secundários advindo da reação com vapores inicialmente liberados por mobiliário de madeira e tantos outros que também foram listados por Michalski (2004) no Quadro2.

Quadro 2. Principais problemas em acervos culturais relacionados aos efeitos da poluição

Poluentes	Materiais sensíveis	Riscos	Fontes	Redução de riscos
de fontes externas				
Partículas, especialmente silicatos (areia) e carbono (fumaça)	Todos os artefatos, especialmente porosos ou com superfície complexa	Manchas, Corrosão acelerada de metais brilhantes. Danos durante a limpeza subsequente.	Vento com areia, poeira. Poluição urbana, especialmente de tráfego.	Reduzir a entrada de ventos. Acionar os filtros. Utilizar filtros.
Ozônio Dióxido de nitrogênio Dióxido de enxofre	Alguns corantes em aquarelas (indigo, vermelho, fúcsia básica, curcuminá)	Desbotamento de cores.	Poluição urbana, especialmente de tráfego.	
de fontes internas				
Sulfeto de hidrogênio	Prata	Embaçamento. Danos durante a limpeza subsequente.	Compostos de borracha. Lã quando exposta a UV. Seres humanos.	Evitar todas as fontes listadas dentro de vitrines.
Ácidos carboxílicos	Chumbo e carbonatos, tais como de conchas	Embaçamento de chumbo. Alterações em conchas.	Madeira e produtos de fibras de madeira. Tintas a óleo e alquídicas. Tintas aquosas enquanto frescas.	Evitar todas as fontes listadas em salas e suportes. Lacrar ou cobrir quaisquer dessas fontes usadas na construção.

Fonte: Michalski (2004).

O diagnóstico ambiental é uma ferramenta fundamental para conhecer a atuação dos agentes de deterioração nos ambientes e direcionar a escolha do tipo de controle climático mais adequado para cada realidade (seja climática, financeira ou arquitetônica) em diferentes instituições. O monitoramento é a base do diagnóstico. O diagnóstico não se limita à leitura dos dados numéricos fornecidos pelos equipamentos de medição (que por sua vez são de pouca utilidade se não houver continuidade, organização, tratamento e análise adequada). Para um diagnóstico eficiente é preciso considerar o impacto que o clima local exerce nesse contexto interno e entender a forma como a construção media essas trocas, considerando as características construtivas, orientação do prédio, funções agregadas ao espaço e o clima local (GONÇALVES; SOUZA; FRONER, 2008).

Souza (2008) diz que o diagnóstico ambiental é a principal ferramenta da conservação preventiva pela capacidade de fornecer informações que auxiliam desde a definição de rotinas adequadas quanto direcionamento de prioridades em nível institucional e enfatiza: “Sem um diagnóstico, nenhum sistema sofisticado deve ser introduzido, pois corre o risco de não ser eficaz ou gerar gastos além do suportável, principalmente em instituições públicas”.

Em síntese, a conservação preventiva pode ser considerada como a principal atividade dentro das ações de preservação em museus, sendo vital para proteção dos acervos se considerarmos os benefícios econômicos e sua abrangência. Essas ações são contínuas e em sua maioria estão focadas no controle dos agentes ambientais afim de reduzir a velocidade dos processos degenerativos naturais dos objetos e minimizar os riscos extrínsecos à sua composição (SOUZA, 1994; FRONER; SOUZA, 2008). Atualmente, ao

conservador foi delegado o papel de gestor, prezando pela qualidade ambiental desses espaços e conciliando as diferentes demandas institucionais que fazem parte da missão dos museus (proteger e dar acesso), direcionando seu trabalho à manutenção física dos objetos e à qualidade ambiental dos espaços, buscando um conhecimento mais aprofundado sobre as dinâmicas microclimáticas atuantes nesses locais, incluindo a elaboração de diagnósticos que possam dar visibilidade aos riscos em nível institucional (CAVICCHIOLI, 2017).

1.3. SUSTENTABILIDADE EM MUSEUS E A GESTÃO DOS ESPAÇOS DE CONSERVAÇÃO

Após a década de 1950, a popularização dos equipamentos de climatização facilitou o controle das variáveis ambientais dos microclimas em espaços internos, possibilitando que se atingisse mais facilmente índices seguros para os materiais, visto que é verídico que ambientes frios oferecem melhores condições de conservação para as coleções. Os parâmetros indicados por Thomson (1986) e amplamente difundidos no campo da conservação foram estabelecidos a partir da realidade europeia (valor médio de referência de 55% de umidade relativa e 21°C de temperatura) considerando o desempenho que os equipamentos de climatização poderiam oferecer diante da necessidade de adaptações sazonais, estabelecendo-se então uma condição mais estável para esse contexto climático, porém, quando tomados como padrões universais, se torna uma tarefa difícil para muitas instituições, principalmente para aquelas fora do contexto de climas temperados (MARTENS, 2012).

A responsabilidade dos profissionais e das instituições no estabelecimento de padrões realizáveis foi discutida de forma crítica por Ashley-Smith, Umney e Ford (1994). Os autores sugerem que a adoção de padrões tradicionalmente difundidos seja considerada o início de uma negociação e não como uma imposição final, considerando inclusive a composição dos materiais e o próprio histórico climático a que estavam submetidos, sinalizando para a responsabilidade profissional na definição e na aceitação de índices tão restritivos em processos de empréstimos entre instituições, em vista do risco mecânico aos objetos, principalmente no caso da umidade.

Como consequência, o posicionamento dos profissionais vem se tornando mais crítico, principalmente devido aos gastos associados à climatização e à incompatibilidade desses padrões com outros tipos de realidades (climáticas e institucionais) nas diferentes

instituições do mundo. As especificações de temperatura e umidade relativa compiladas por Michalski (2004) demonstram maior flexibilidade para os parâmetros, sugerindo a categorização dos ambientes por nível de risco de acordo com a função do espaço e as especificidades dos materiais com ponderações importantes sobre flutuações sazonais e de curto prazo, mas ainda se mantendo condicionado a uma faixa muito restrita para algumas realidades (Quadro 3).

A adoção de parâmetros ambientais universais figurou nas práticas de conservação como diretriz principal para segurança dos acervos até a década de 90, quando o ambiente passa a ser mais explorado por pesquisas focadas no comportamento dos materiais diante do reconhecimento da diversidade climática e das dificuldades técnicas de se atingir os índices tradicionais de forma segura e constante nas rotinas de conservação (SOUZA, 2008). A inserção da estabilidade como um importante valor nos espaços de conservação surgiu como alternativa diante das dificuldades encontradas pelas instituições para garantir a eficiência e continuidade das ações. A crença em padrões mais restritos condiciona as ações de conservação ao uso de sistemas de climatização ativos (desumidificadores, aquecedores e ar-condicionado) que visam unicamente reproduzir índices de temperatura e umidade relativa sem considerar sua pertinência para o clima local, seu impacto financeiro na instituição ou sua adequação ao histórico dos materiais, expondo os acervos às constantes oscilações por falhas técnicas ou mesmo por problemas de manutenção, tornando a replicação desses padrões uma atitude questionável (MARTENS, 2012).

Quadro 3. Especificações de temperatura e umidade relativa em espaços de conservação sistematizado por Stefan Michalski para uso no manual ASHRAE.

TIPO DE COLEÇÃO	TOTAL OU MÉDIA ANUAL	Classe de controle	* Variações ligeiras e mínimas em espaços	Ajustes sazonais no total do sistema
MUSEUS GERAIS, BIBLIOTECAS DE GALERIAS DE ARTE E ARQUIVOS: todas as salas de leitura e de recuperação, salas de armazenamento de acervo quimicamente estável, especialmente de mecanicamente médio a vulnerabilidade elevada.	50% RH (ou média histórica anual para acervo permanente) T: valor entre 15°C e 25°C (Note que as salas escolhidas para as exposições em prestadas devem estar aptas para o total especificado em qualquer acordo de empréstimo, normalmente 50% RH, 21°C, mas por vezes, 55% RH ou 60% RH).	AA Precisão do controle, sem alteração sazonal	$\pm 5\% \text{ RH}$ $\pm 2^\circ \text{ C}$	RH: sem alteração acima de 5°C, abaixo de 5°C
		A Precisão do controle, alguma diminuição ou alterações sazonais, não ambos	$\pm 5\% \text{ RH}$ $\pm 2^\circ \text{ C}$	Mais de 10% RH, menos de 10% RH mais de 5°C, menos de 10°C
			$\pm 10\% \text{ RH}$ $\pm 2^\circ \text{ C}$	RH: sem alteração acima de 5°C, menos de 10°C
		B Precisão do controle, alguma diminuição e temperatura de Verão, revés	$\pm 10\% \text{ RH}$ $\pm 5^\circ \text{ C}$	Mais de 10%, menos de 10% RH mais de 10°C, mas não acima de 30°C baixando o necessário para manter o controle de RH
		C Previne todos os riscos elevados extremos.		Com uma média de 25% RH a 75% RH por ano. raramente a mais de 30°C, normalmente abaixo de 25°C
BIBLIOTECAS DE ARQUIVOS Armazenamento de acervo quimicamente instável	Armazenamento frio: -20°C 40% RH		$\pm 10\% \text{ RH} \pm 2^\circ \text{ C}$	
	Armazenamento frio: 10°C 30% RH a 50% RH		(mesmo se for alcançado apenas durante o retrocesso do inverno, esta é uma vantagem líquida para estes acervos, contanto que humidade não esteja incorrida)	
ACERVO DE METAL ESPECIAL	Sala seca 0-30% RH		RH sem exceder um pouco do valor crítico, normalmente 30% RH.	

Fonte: Michalski (2004, p.97)

Atualmente, a estabilidade microclimática é o parâmetro que direciona as ações de controle ambiental nos espaços de conservação, buscando equilíbrio numa faixa menos rígida de temperatura e umidade relativa¹⁶. Essa estabilidade pode lançar mão de diferentes escalas microclimáticas para um controle ambiental mais facilitado, assim como o uso de tecnologias sustentáveis voltadas para as necessidades específicas de cada espaço e sempre

¹⁶ Quando falamos de estabilidade e flexibilização estamos considerando uma margem maior de decisão para estabelecer critérios ambientais nos espaços de conservação sem estarmos amarrados aos índices pré-estabelecidos e estimulando uma análise personalizadas das diferentes realidades e estimulando uma análise/definição de padrões que sejam realizáveis de acordo com a composição material do acervo, clima local e as possibilidades da instituição. Dessa forma, as diretrizes funcionariam não mais como um manual, mas como critérios iniciais de definição (ou negociação, principalmente em casos em empréstimos entre instituições). Contudo, é necessário frisar que acervos quimicamente instáveis (como os fotográficos, por exemplo) são naturalmente mais suscetíveis à atuação da temperatura e umidade, possuindo restrições e margem de trabalho mais apertada para estabelecer critérios.

que possível, privilegiando a eficiência energética, a responsabilidade ambiental e a economia de recursos financeiros das instituições (TOLEDO, 2010).

Diretrizes recentes apontam para valores médios entre 16 e 25°C de temperatura e 40-60% de umidade relativa com o máximo possível de redução nas flutuações diárias e adequação aos padrões locais, considerando além da economia energética, a segurança das coleções e tem levado os profissionais a repensar nas especificações de armazenamento, exibição e empréstimo. Nesse último caso, nota-se que ainda há grande desconforto na aceitação de parâmetros mais flexíveis entre instituições e a realidade ainda está distante de consenso (BICKERSTETH, 2016).

Cada vez mais tem sido considerada a flexibilização dos índices tradicionais a fim de se obter um ambiente estável e equilibrado, levando em conta o uso da arquitetura como mediadora entre o clima externo e interno, resguardando as necessidades específicas de materiais mais sensíveis e ponderando o histórico ambiental, principalmente nas especificações de guarda permanente, destinando importante atenção ao histórico ambiental dos materiais em detrimento à replicação de padrões (ATKINSON, 2014).

O fortalecimento dos debates ambientais nas últimas décadas do século XX contribuiu fortemente para que a inserção de questões sobre o consumo energético e responsabilidade ambiental fossem consideradas nas mais diversas esferas sociais, incluindo os museus. O desafio contemporâneo dos profissionais de conservação está na construção de estratégias de controle microclimático mais seguras e um ambiente equilibrado que atenda às necessidades dos materiais e que estejam dentro das possibilidades da instituição. Essas estratégias devem também se alinhar às tendências ambientais no contexto das mudanças climáticas globais e considerar a necessidade de resposta eficiente às novas demandas de conservação (SAUNDERS, 2008). Os padrões universais não são mais a resposta para a conservação das coleções visto a complexidade da realidade e dos avanços científicos que proporcionam abordagens mais criteriosas e transparentes que melhoram as ações de conservação e no caso do controle climático dos espaços ainda promover benefícios técnicos, sociais e financeiros, buscando um ambiente adequado e próximo da realidade climática e institucional local (CASSAR, 2009).

Para Staniforth (2010), a ação do conservador precisa se voltar para o aprimoramento contínuo das condições ambientais nos espaços de conservação, considerando sempre possibilidades que sejam efetivamente sustentáveis pela instituição, que se mantenha dentro das capacidades reais de manutenção e garantindo estabilidade em termos de gestão dos espaços. Nesse sentido, as instituições deveriam ter maior disposição para entender o

clima local e suas características, buscando definir as reais necessidades, tendendo a se desprender de padrões pré-estabelecidos e dispensando ou minimizando o uso de sistemas de controle mecanizado do microclima, buscando otimizar e desenvolver soluções passivas com a participação colaborativa da comunidade interdisciplinar atuante nas diferentes esferas da conservação.

Nos museus, a sustentabilidade tem demonstrado um importante potencial para definição de ações alternativas voltadas tanto para a manutenção da instituição e dos bens culturais sob sua tutela quanto para redução dos custos das ações e aumento da eficiência da gestão institucional (SILVA, 2011). Enquanto tendência norteadora das ações de conservação para gestão de seus espaços demonstra potencial interessante para economia energética e nesse contexto tem sido de fundamental a atuação conjunta de conservadores e cientistas da conservação na construção de diretrizes que garantam um espaço de qualidade, segurança aos materiais e inserção do campo cultural e adesão ao movimento de responsabilidade ambiental (SOUZA, 2008).

Apesar da forte influência no campo social desde as últimas décadas do século XX, só nos últimos dez anos esse conceito se manifestou mais ativamente nas práticas de conservação principalmente com questionamento dos padrões ambientais adotados para o controle dos espaços de coleções, levando os profissionais a refletir sobre a definição dos padrões climáticos mais realísticos frente a necessidade de redução do impacto econômico e ambiental de suas ações (DE SILVA; HENDERSON, 2011), assumindo um posicionamento mais atento e empático, visto que precisarão estar preparados para responder de forma mais efetiva às novas demandas ambientais (AVRAMI, 2011).

A sustentabilidade tem estimulado a incorporação de valores como eficiência, flexibilidade e responsabilidade ambiental para potencialização e melhorias de práticas museológicas e, especialmente nas duas últimas décadas, tem sido discutida afim de compreender seus benefícios tanto para as instituições e coleções quanto para o meio-ambiente e sociedade. Iniciativas que incluem o uso de energias limpas, o desenvolvimento de sistemas inteligentes para o controle ambiental e o estímulo a adoção de formas passivas com mínima intervenção mecânica para estabilização climática, despontaram como alternativas viáveis com importantes resultados positivos, apesar de não haver nenhuma exigência legal e que a adoção desse posicionamento é unicamente resultado de uma escolha técnica, pessoal ou institucional (SAUNDERS, 2008).

As discussões mais recentes sobre controle ambiental em museus incorporaram a estabilidade microclimática (mais do que a padronização de índices ambientais universais),

a flexibilização dos padrões de qualidade e o reconhecimento (e respeito) das diversidades climáticas como consequência da crescente adesão à sustentabilidade ou pela pressão que essa exerce (BOERSMA; DARDES; DRUZYK, 2014). A busca por soluções alternativas mais eficientes e econômicas que atendam à diversidade de espaços, realidades climáticas e institucionais em prol da preservação dos bens culturais representa uma mudança de paradigma da conservação e mesmo que ainda em fase embrional em determinados contextos, já é um processo que, na sua essência, está harmonizado com o espírito da sustentabilidade (PAULA, 2008; CASSAR, 2009).

Esse movimento tem estimulado reflexões e levantado importantes questionamentos sobre a efetividade da simples replicação dos valores médios tradicionais de 50% ($\pm 5\%$) de umidade relativa e 21°C de temperatura tem ganhado expressividade no horizonte da sustentabilidade, em vista do alto consumo energético para sustentação desse padrão e dos riscos aos materiais em função da total dependência de recursos mecanizados, de custo elevado e difícil manutenção, sendo em muitos casos incompatíveis inclusive com o alcance financeiro e técnico de muitas instituições. A simples reprodução de padrões ambientais universais se torna um complicador se adotarmos a estabilidade como qualidade imprescindível nos espaços de conservação, visto que mesmo dentro de uma mesma tipologia climática, os fatores como a topografia, a altitude e as interferências antropogênicas (como a presença ou ausência de vegetação em zonas urbanas) se refletem nos ambientes internos atribuindo características muito peculiares a cada espaço (KING; PEARSON, 2001; TEIJGELER, 2007).

Em áreas de clima tropical, a adoção de parâmetros tradicionais de temperatura e umidade relativa universais desconsideram a positiva estabilidade climática (se comparado às diferenças sazonais dos climas temperados), podendo submeter as coleções às instabilidades devido à incompatibilidade entre o clima local e o microclima interno das instituições (TOLEDO, 2006). Dessa forma, a adoção de estratégias baseadas principalmente em padrões térmicos mais conservadores, apenas com o uso de ar-condicionado, tem demonstrado não ser uma solução sustentável, tanto pela sua influência negativa nos índices de umidade relativa quanto no gasto energético e financeiro para manutenção dos sistemas mecânicos artificiais (TOLEDO, 2010). Essa tendência pode ser observada de forma nítida em vários países, como mostra o fato de o *International Council of Museums* (ICOM-CC) e o International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC) terem elaborado conjuntamente uma declaração com diretrizes ambientais na qual é enfatizada a necessidade de uma associação estreita entre

conservação, gestão e sustentabilidade, encorajando uma postura mais flexível nas determinações das condições ambientais de conservação dos acervos, harmonizada com as realidades locais e, sobretudo, se comprometendo com a minimização dos impactos ambientais, especialmente em vista das perspectivas de mudanças climáticas (ICOM, 2014).

Nessa perspectiva, a arquitetura bioclimática tem indicado importantes considerações sobre o papel das edificações no clima interno pela sua capacidade de mediação das trocas de calor e umidade com o ambiente externo (GONÇALVES; SOUZA, 2014), englobando valores relacionados à economia energética, o conforto e a redução de danos ambientais pela harmonização entre as construções e o local onde estão inseridas, principalmente com o uso de sistemas passivos de ventilação e circulação de ar para o controle ambiental das áreas internas (NEVES, 2006).

O uso de edificações antigas é bastante comum, inclusive como forma de valorização de algumas construções, por motivos artísticos, arquitetônicos ou históricos. A adaptação de espaços para a função de museu é uma prática comum e pode representar uma alternativa interessante em vista da redução dos impactos ambientais de novas construções, podendo inclusive indicar importantes contribuições para a adoção de estratégias de controle ambiental mais sustentáveis, visto que foram projetados para responder de forma mais autônoma às condições externas com reconhecida capacidade de amortecimento das variações de temperatura e umidade, sendo uma propriedade muito valorizada, principalmente em clima tropical (TOLEDO, 2006).

Essas construções geralmente conseguem manter maior estabilidade das condições internas devido a sua estrutura mais robusta, funcionando como amortecedor das oscilações ambientais externas e evitando os picos de temperaturas e umidade (altos ou baixos), respondendo aos estímulos externos sem a dependência de sistemas mecânicos ativos graças às propriedades arquitetônicas do *design* e das técnicas e materiais originalmente empregados na construção (RIBEIRO; LOMARDO, 2016). Ao contrário da arquitetura moderna que dissociou o controle climático das suas funções em vista da disponibilidade de recursos mecânicos e de materiais tecnológicos para essa finalidade, estabelecendo novas diretrizes construtivas baseadas principalmente na adoção do isolamento térmico por serem menos robustas que as construções antigas, se tornando fortemente dependentes de sistemas mecânicos que nem sempre estão de acordo com as necessidades de conservação de acervos, principalmente no quesito da umidade (PADFIELD; LARSEN, 2003).

Especialmente em locais- antigos ou modernos - sem sistemas de controle ambiental mecanizado, as condições microclimáticas internas são influenciadas pelo clima exterior por trocas de temperatura e umidade mediadas direta ou indiretamente pelas características construtivas de cada edificação, e ainda sofrendo interferência das rotinas internas de cada instituição, resultando na ocorrência de um microclima interno próprio (MACLEOD, 2015). Ainda assim, continua-se perseguindo os clássicos padrões ambientais de conservação para adequação desses espaços, desconsiderando as diretrizes técnicas de construção e em grande parte dos casos tendo a utilização de ar-condicionado como principal mecanismo de controle microclimático, ainda que em alguns casos esses espaços não tenham sido projetados para comportar esse tipo de interferência (RIBEIRO; LOMARDO, 2016).

Soluções alternativas baseadas no desenvolvimento de sistemas híbridos¹⁷ para o controle ambiental em museus demonstraram importantes resultados na construção de estratégias mais econômicas e eficientes, menos dependentes de complexos e onerosos sistemas mecanizados. Essas ações foram baseadas no conhecimento das dinâmicas microclimáticas internas, na aplicação de conhecimento interdisciplinar, na recuperação das propriedades arquitetônicas ou materiais construtivos originais das edificações, buscando uma melhor adaptação entre o microclima interno e o clima local com o desenvolvimento de sistemas inteligentes baseados nas necessidades de cada espaço.

Estudos desenvolvidos por Maekawa e Toledo (2001) e Maekawa et al. (2009) em regiões de clima tropical apresentaram resultados inspiradores do ponto de vista da sustentabilidade com o desenvolvimento de sistemas alternativos para controle ambiental, voltados às necessidades do acervo e na funcionalidade dos ambientes. Em ambos os casos foi tomado como ponto de partida o controle da umidade relativa e o estímulo do uso da ventilação e circulação de ar nas áreas internas, admitindo-se uma maior flutuação de temperatura.

O estudo de Maekawa e Toledo (2001) foi realizado em uma instituição nas Ilhas Canárias em prédio de alvenaria do final do século XIX que enfrentava problemas de

¹⁷ Sistemas híbridos utilizam de sistemas ativos e passivos para controle dos microclimas internos em um edifício, representando a melhor opção custo-benefício e contribuindo para redução de consumo energético. Os sistemas ativos (ou mecânicos) são altamente dependentes de uso de energia para funcionamento de equipamentos e sistemas prediais como os utilizados para refrigeração ou aquecimento, por exemplo. Já os sistemas passivos (ou bioclimático) minimizam o consumo de energia elétrica ou outros recursos naturais, privilegiando recursos arquitetônicos para controle das condições internas do edifício para promover ventilação e circulação de ar, contudo, a adoção desses sistemas depende do estabelecimento de protocolos operacionais rigorosos para que sejam eficientes (Gonçalves, 2013).

biodeterioração. O sistema foi desenvolvido para redução e controle dos níveis de umidade relativa a partir do aquecimento e ventilação das salas mais frias do edifício com o uso de tecnologia simples, de baixo custo e manutenção para conseguir uma melhor conservação das coleções orgânicas¹⁸. Essa estratégia visou complementar as ações de recuperação das propriedades originais do edifício e da ventilação original em seu interior de forma a atingir as necessidades de conservação do acervo, resultando em uma ação positiva que conseguiu manter abaixo dos 70% de umidade relativa em todo ano e a redução do consumo de energia no prédio.

De forma semelhante, outro estudo de Maekawa et al. (2009) foi realizado em uma instituição no Rio de Janeiro, numa edificação de alvenaria do final do século XVIII, especificamente na biblioteca, com foco na melhoria da circulação de ar original, ventilação interna, instalação de novos mecanismos para a diminuição do gasto energético e melhoria interna das condições ambientais, não apenas para a conservação do acervo, mas para o conforto dos visitantes. As ações se concentraram na recuperação das propriedades arquitetônicas do prédio e construção de estratégias híbridas de controle ambiental (ativas e passivas) vislumbrando maior estabilidade microclimática do espaço (média de 25°C de temperatura e 60% de umidade relativa). O sistema desenvolvido atuava automaticamente de acordo com as necessidades do museu durante sua rotina, partindo da leitura das condições internas da biblioteca em diferentes turnos para o ajuste da ventilação, resfriamento, desumidificação e circulação de ar. O projeto foi pioneiro por apresentar rotas alternativas para controle ambiental em locais quentes e úmidos, sugerindo novas abordagens para conservação ao buscar o equilíbrio entre as necessidades do prédio, acervo e visitantes.

Estratégias alternativas de controle ambiental têm apontado importantes direcionamentos para uso de tecnologias com mínima intervenção mecânica para estabilização climática, despontando como alternativas viáveis, mais econômicas e ambientalmente responsáveis. Ryhl-Svendsen et al (2013) descrevem um projeto de controle climático realizado na Dinamarca para controle ambiental de um espaço de armazenamento de coleções baseado no uso de calor para o controle da umidade relativa.

¹⁸ O aumento da temperatura para ações de conservação visa a diminuição da umidade relativa e consequentemente, o distanciamento da temperatura do ponto de orvalho, diminuindo a chance de condensação e se afastando dos níveis de umidade relativa propícios para risco biológico. Nesse caso, foi utilizado um sistema de aquecimento e ventilação interna capaz de distribuir mais uniformemente o calor gerado no espaço, além do uso de ventilação cruzada e uso de filtros e monitoramento de material particulado também foi necessário.

O sistema se baseia no isolamento do espaço para controle da umidade relativa, permitindo que o aumento de temperatura interna auxiliada por sistemas de desumidificação ajustasse a condição interna em períodos mais úmidos. O aquecimento interno foi conseguido com o uso da luz do sol incidindo no sótão e gerando energia para equipamentos de desumidificação. Além da economia energética pelo uso de fontes alternativas de energia, o isolamento e a baixa troca de ar possibilitaram ainda a manutenção dos níveis de umidade em 50% e impediu a entrada de poluentes externos, contudo, foi detectado altas taxas de poluentes de origem interna o que fez necessário momentos de recirculação de ar com uso de filtro.

Cabe observar que, na perspectiva da sustentabilidade, não se espera necessariamente desenvolver padrões gerais aplicáveis indistintamente a todos os prédios antigos, históricos ou quaisquer outros espaços que assumiram a função de museu. Contudo, fica evidente o papel do monitoramento microclimático enquanto ferramenta metodológica importante que vai além da mera instalação de equipamentos para obtenção de dados para a adoção de padrões previamente definidos de temperatura e umidade relativa.

Um diagnóstico ambiental realístico dos espaços que abrigam acervos culturais é o ponto de partida para a definição de ações de gestão em espaços de conservação, ressaltando ainda seu caráter contínuo e sistemático para o acompanhamento dessas dinâmicas internas com ajustes contínuos de protocolos. Macleod (2015) descreveu uma análise das condições microclimáticas dos espaços de um edifício histórico que abriga um acervo têxtil afim de mapear quais espaços respondiam mais ativamente às condições externas com base na análise de temperatura, umidade relativa e absoluta, em vista a proporcionar uma realocação das coleções no prédio. Com o estudo foi possível apontar áreas de maior estabilidade e fragilidades de outros espaços possibilitando uma decisão racional sobre a ocupação e destinação de recursos para melhorias específicas em cada espaço em função das necessidades do acervo.

De fato, os ambientes de museus só funcionarão como espaços de proteção quando suas vulnerabilidades e potencialidades forem compreendidas e as adaptações nesses espaços forem adequadas aos objetos, compatíveis com a estrutura da edificação e de acordo com a capacidade institucional de sustentar suas decisões (GONÇALVES; SOUZA; FRONER, 2008; TOLEDO, 2010). O monitoramento climático é uma ferramenta estratégica de conservação para gestão ambiental de espaços que abrigam coleções, sendo essencial para conhecer as dinâmicas climáticas dos espaços, para o estabelecimento de

parâmetros seguros para os materiais e na definição de ações preventivas para gestão dos espaços.

Para PAULA (2008), “somos fruto do nosso tempo e nosso tempo acredita na conservação preventiva”, apesar de que essa ideia ser importada como tantas outras que chegam até nós e que sem uma reflexão mais consistente sobre sua implantação, pode se tornar incoerente. Para a autora, atualmente museus se encontram no momento de incursão nessas novas ideias sustentáveis sendo um processo irreversível, no qual a conservação certamente buscará alternativas de adaptação à nova realidade global: “[...] Afinal, preservar o planeta, a grande embalagem que nos conserva a todos e com tudo dentro, é uma ideia irrefutável e aparentemente irreversível”.

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

A motivação para realização desta pesquisa parte da percepção sobre a importância que o tema da sustentabilidade vem ocupando no campo da conservação de bens culturais materiais na última década com expressiva influência nas práticas de conservação. Diante da relevância do tema no cenário mundial desde o final da década de 1990, é importante perceber como a cultura e o patrimônio cultural foram inseridos nas preocupações sobre desenvolvimento sustentável e como as instituições que salvaguardam os bens culturais têm buscado se alinhar a esse posicionamento. Essa postura tem possibilitado importantes reflexões sobre suas práticas visando o cumprimento de sua missão institucional de proteger seus bens e garantir acesso pela sociedade através de ações financeiramente viáveis, socialmente mais democráticas e ambientalmente responsáveis.

Entender a sustentabilidade enquanto importante valor do século XXI tem sido um exercício importante para nossa sociedade e no campo da conservação dos bens culturais essa aproximação tem encontrado um campo fértil de debates. Nos últimos dez anos a área de conservação vem se inserindo gradativamente nas discussões globais e refletindo sobre o impacto de suas ações assim como nos benefícios decorrentes dessa nova postura tanto para as coleções, quanto para a instituição e para os profissionais, principalmente a partir da gestão de seus espaços.

A gestão dos ambientes de coleções tem sido discutida de forma mais sistemática desde a década de 1980 fortalecendo a opção por ações indiretas baseadas no controle dos ambientes que abrigam coleções devido ao seu alcance mais amplo se comparadas às ações diretas, mais interventivas e pontuais como as de restauro, quando possível. Assim, os espaços, naturais e modificados, abertos e fechados, vem ocupando espaço central em ações de gerenciamento ambiental e sendo cada vez mais explorados, inclusive em suas várias escalas microclimáticas.

O conhecimento mais aprofundado sobre a formação e ação dos microclimas nos objetos tem possibilitado explorar as dinâmicas microclimáticas nos ambientes de conservação de forma a reconhecer a diversidade climática e as diversas demandas profissionais, tornando o diagnóstico ambiental uma importante ferramenta que visa direcionar mais adequadamente os recursos técnicos, humanos e financeiros a fim de alcançar maior eficiência e a continuidade das ações. Nessa perspectiva, a gestão ambiental dos espaços tem encontrado no discurso da sustentabilidade uma base forte para o aprimoramento das ações, permitido o delineamento de ações mais personalizadas na busca por um ambiente mais equilibrado e que atenda às necessidades de conservação respeitando

a composição dos materiais, a viabilidade técnica e financeira das instituições e a contribuição para manutenção ambiental do planeta.

Ações dessa natureza têm fomentado a discussão sobre a incorporação de padrões ambientais menos rígidos e mais próximos com a realidade climática local das instituições, permitindo inclusive o resgate de algumas tecnologias tradicionais ou desenvolvimento de outras agregando inclusive iniciativas baseadas de menor custo financeiro e maior responsabilidade ambiental.

Nesse contexto, realizar uma investigação em diferentes espaços localizados na mesma faixa climática, permite reconhecer a influência que os fatores ambientais locais exercem em cada instituição, possibilitando uma reflexão sobre os riscos da replicação de padrões ambientais únicos como garantia de sucesso nas ações de conservação. A realização desse estudo focou no monitoramento de três instituições, localizadas em diferentes contextos geográficos (apesar de estarem situados no estado de São Paulo) e diferentes históricos de uso da edificação, sendo duas espaços adaptados à função de museu e uma construída para essa finalidade.

O objetivo da pesquisa é contribuir com os debates sobre qualidade dos espaços de conservação em instituições museológicas situadas em contexto climático tropical sob a perspectiva da sustentabilidade, visando alcançar os seguintes objetivos específicos:

- I. Sistematização da literatura publicada sobre a relação entre conservação preventiva e sustentabilidade, ponderando a pertinência de tais saberes para a gestão dos espaços de museus e preservação dos bens culturais no contexto climático tropical.
- II. Caracterizar as dinâmicas microclimáticas de espaços reais de conservação em instituições localizadas em diferentes contextos geográficos e institucionais do estado de São Paulo a partir da análise higrotérmica dos espaços monitorados.
- III. Discutir criticamente o papel do monitoramento ambiental na definição das estratégias preventivas em instituições de clima tropical, sob a ótica da sustentabilidade.

3. METODOLOGIA

3.1. DESENHO METODOLÓGICO

Essa pesquisa se propõe a discutir as dinâmicas microclimáticas em espaços de conservação de acervos culturais num contexto climático tropical. Foram trabalhadas três campanhas de levantamento de dados primários de temperatura e umidade relativa no interior de instituições do estado de São Paulo: duas instituições funcionam em espaços adaptados para essa finalidade construídos na primeira metade do século XX e outra, construída na segunda década do século XXI para uso especificamente na armazenagem de acervos.

As instituições localizam-se nas cidades de São Paulo e Campos do Jordão, estando inseridas num sistema regional de clima tropical de altitude, ainda que com diferenças bastante expressivas devidas, principalmente, à altitude (aprox. 700m na capital e 1600m em Campos do Jordão). Essa escolha foi feita com o intuito de analisar as dinâmicas microclimáticas em situações afetadas por uma similar alternância de estações (seca e úmida), mas com níveis térmicos distintos.

A região sudeste do Brasil possui uma notável diversificação climática com consideráveis variações de temperatura, estando numa região de transição entre o clima tropical e o temperado, apresentando temperaturas mais amenas, estações do ano mais delineadas que a faixa tropical (mais ao norte) e maior amplitude térmica anual. O clima na cidade de São Paulo é caracterizado por um verão moderadamente quente (sem temperaturas máximas muito elevadas) e o inverno é caracterizado por temperaturas mais amenas devido à altitude. A cidade de Campos do Jordão situa-se na área de clima mesotérmico médio, marcado por temperaturas mais amenas durante todo ano devido a influência da altitude, sendo considerado um dos climas mais frios do Brasil (NIMER, 1979).

Conforme o detalhamento a seguir, as campanhas foram realizadas pelo período de 365 dias com registros automáticos de dados horários de temperatura do ar e umidade relativa feitos em um ponto interior de cada uma das instituições onde atualmente são conservadas as coleções. Em ambos os casos, foram utilizados os dados oficiais de estações meteorológicas locais para observar as dinâmicas exteriores das duas variáveis.

3.2 DESCRIÇÃO DOS ESPAÇOS MONITORADOS

3.2.1. Reserva técnica no Museu Paulista (RT-MP)

Na cidade de São Paulo, um dos estudos foi realizado na reserva técnica¹⁹ do Serviço de Documentação Histórica e Iconografia (SVDHICO) do Museu Paulista (MP) da Universidade de São Paulo (USP).

O MP é um museu universitário ligado à USP desde 1963 e seu acervo é estimado em mais de 450 mil itens entre objetos, documentos textuais e iconográficos desde o século XVII ao XX, compondo um dos principais acervos do país sobre a história da sociedade brasileira e em especial a paulista, com importante contribuição para os estudos de cultura material (MAKINO et al., 2003). O edifício do museu é uma construção do final do século XIX e está situada dentro do Parque da Independência, fazendo parte de um complexo que engloba outras construções. O Parque da Independência foi concebido em 1910, sendo um dos mais antigos conjuntos urbanísticos da cidade de São Paulo (FERRONI et al., 2020).

Em 2017, visto a necessidade de esvaziamento do edifício para as obras de restauro, iniciou-se o processo de transferência dos serviços técnicos, administrativos e todo o acervo para espaços alternativos nas proximidades do Parque da Independência. O imóvel destinado ao SVDHICO está localizado a poucos metros da sede original do museu e é uma construção de 1949, com terreno de 981m², sendo 800m² de área construída (Figura 2, destaque em amarelo).

¹⁹ Espaço destinado a garantir a preservação das peças do acervo museológico que não estão em exposição. Para cumprir sua função, o acesso ao espaço é restrito e precisa atender normas internas de segurança, adequação de mobiliários e acondicionamentos, controle das condições e localização de todos os itens exigindo trabalho interdisciplinar de equipe composta por profissionais da área de conservação, documentação, segurança, infraestrutura, limpeza e gestão (FRONER, 2008).

Figura 2. Imóvel que sedia a Reserva Técnica do Museu Paulista. Na imagem central: localização da casa, situada entre a vegetação do Parque da Independência e outras construções em imagem com zoom a 150m do solo. À esquerda: planta baixa do piso térreo com distribuição de móveis e destaque (em vermelho) para a área central da reserva técnica que foi monitorada; o ponto em destaque é a localização do aparelho de monitoramento. À direita: foto da fachada do imóvel.

Fontes: Google Earth (acessado em 08 de agosto de 2020), Museu Paulista e autora.

Originalmente o imóvel foi uma casa unifamiliar de classe média alta de dois pavimentos e uma edícula. No térreo da casa principal, estão varanda e hall de entrada, salas, escritório, copa, cozinha, banheiro, acesso ao pavimento superior por escadas (social e de serviço), elevador (atualmente inativo) e jardim no recuo frontal e um pomar nos fundos. O pavimento superior da casa principal possui suítes, closet e terraços.

As técnicas construtivas empregadas são compatíveis com as utilizadas em edificações de alto padrão da metade do século XX, apresentando paredes de alvenaria de tijolos, lajes de concreto armado, coberturas de telha cerâmica sobre estrutura de madeira, janelas e portas externas de ferro e vidro e portas internas de madeira. Não conta com porão, porém apresenta discreta elevação de solo. As adaptações no imóvel para o uso atual compreenderam a compartimentação do espaço social no piso térreo para comportar a reserva técnica e área de pesquisa. Outras alterações foram realizadas no espaço da copa e térreo da edícula para receber o laboratório de conservação e restauro. O espaço destinado a reserva técnica está situado no piso térreo, possui piso elevado sobre mármore original da construção, é separado das áreas de consulta por parede de *drywall*, e está dividido em 3 espaços interligados, orientados na face oeste e sem dispositivos de controle climático (TERRA; SAFT, 2017). A área monitorada (destacada em vermelho na Figura 3) conta com ampla janela de vidro e esquadrias de metal que permanecem fechadas todo o tempo

sem uso de filtro para luz, cortinas ou persianas. Esse espaço abriga mais de 200 coleções (textual e iconográfica), incluindo toda a produção documental do museu no período de 1893 a 1963, além de itens de diferentes tipologias, sendo basicamente composto de papel e fotografias de formatos variados (incluindo filmes e objetos). No imóvel estão concentradas as atividades de conservação, documentação, fotografia do museu e o atendimento aos pesquisadores, estando aberta ao público apenas com agendamento prévio e, portanto, de acesso restrito.

Na RT-MP, optou-se ainda por realizar monitoramento de microambientes correspondentes a espaços de dimensões gradativamente menores e segregados (além da própria sala): o interior de um móvel de acondicionamento e o espaço interno de uma embalagem para guarda de filmes fotográficos. Esses espaços foram nomeados por letras sendo: microambiente MP-A corresponde à sala, microambiente MP-B ao gaveteiro de metal e microambiente MP-C à caixa plástica com embalagens menores internas.

Figura 3. Detalhe do espaço monitorado no MP. À esquerda, planta do imóvel com a localização dos aparelhos utilizados. À direita, fotografia da sala monitorada na reserva técnica do Museu Paulista (microambiente MP-A) com destaque em vermelho para o equipamento instalado a uma altura de 2m do piso e fotografia aproximada de todos os equipamentos utilizados.

Fonte: Museu Paulista e autora

O microambiente MP-A corresponde a área central da reserva técnica (área destacada em vermelho na planta do local, na figura 3), possui grandes janelas na face oeste e é separada da área 1 por parede e porta corta-fogo, para separação da área 3 não há barreiras

físicas. A área 1 corresponde ao espaço abaixo da área monitorada (MP-A), nesse espaço está a entrada da RT-MP e é voltado à face sul. A área 3 por sua vez está localizada no espaço acima da área monitorada e possui grandes janelas e porta de vidro que ocupam toda parede voltada a face norte (Figura 3). Nenhuma das áreas possui quaisquer tipos de barreira para irradiação solar, como cortinas ou persianas.

O MP-A corresponde a área da reserva técnica selecionada, monitorada com equipamento instalado a uma altura aproximada de 2m do solo ao lado do módulo deslizante que guardam outros acondicionamentos monitorados (Figura 3). O microambiente MP-B é um gaveteiro de metal localizado ao lado do módulo deslizante usado para armazenagem de fotografias impressas e foi originalmente cedido junto com o acervo. Os itens estão acondicionados internamente em pastas suspensas de papel. O equipamento foi colocado dentro de uma das gavetas fora das embalagens internas (Figura 4).

O microambiente MP-C corresponde a uma embalagem de papel utilizada para acondicionamento de conjunto de filmes fotográficos. Os itens estão separados envelopes individuais para melhor organização (Figura 5). Esse tipo de acondicionamento está inserido dentro de uma caixa plástica com outras caixas de papel de mesma finalidade e armazenada em prateleiras no módulo deslizante.

Figura 4. Fotografia do gaveteiro de metal com detalhe interno do *datalogger* utilizado no monitoramento (microambiente MP-B).

Fonte: registro feito pela autora.

Figura 5. Fotografia dos módulos deslizantes com detalhe para caixa de acondicionamento e embalagem interna com *datalogger* utilizado no monitoramento (microambiente MP-C).

Fonte: registro feito pela autora.

3.2.2. Museu Casa da Xilogravura (MX)

Em Campos do Jordão, o estudo foi realizado na Sala de exposição do MX. O prédio data de 1928 e desde 1987 funciona como museu, possui obras de xilogravura de mais de 1000 gravadores e mantêm exposições de curta e longa duração, possuindo também matrizes em madeira (Figura 2, destaque em amarelo). O museu está aberto ao público para visitas, realização de exposições, eventos culturais, cursos de xilogravura e tipografia, além de dispor de biblioteca especializada e ateliê xilográfico.

A construção possui 30 salas de exposição, todas distribuídas praticamente no mesmo nível ou, no máximo, num pavimento rebaixado a partir da sala nº 7 (destacada em vermelho na Figura 6), onde foi realizado o monitoramento. Somente o bloco (original) mais ao norte apresenta um sótão estruturado para atividades administrativas. A sala monitorada está destinada à exposição permanente.

Figura 6. Imóvel que sedia o Museu Casa da Xilogravura. Na imagem central: localização da casa, situado em área residencial com vegetação em imagem com *zoom* a 150m do solo. À esquerda: planta baixa do museu com disposição das salas e destaque (em vermelho) para a área monitorada (sala 7). À direita: foto da fachada do imóvel.

Fontes: Google Earth (acessado em 08 de agosto de 2020) e site do Museu Casa da Xilogravura (www.casadaxilogravura.com.br/assessoria-de-imprensa.php, acessado em 08 de agosto de 2020).

Nenhuma das salas do museu possui dispositivo para o controle climático ou de ventilação mecânica e algumas têm janelas de vidro de várias dimensões que permanecem fechadas todo o tempo, sem uso de filtro, cortinas ou persianas, orientadas a oeste, leste ou

sul, algumas próximas alguns metros de área de vegetação. O local funciona de quinta a segunda-feira, das 9 às 12h e das 14h às 17h, fechando às terças e quartas-feiras, e no período de 1 a 25 de dezembro.

3.2.3. Arquivo Geral da Universidade de São Paulo (AG)

O último estudo foi realizado em uma das salas de armazenamento do AG. O órgão está localizado na cidade de São Paulo, no bairro do Butantã, dentro da Cidade Universitária. O AG é parte do Sistema de Arquivos da Universidade de São Paulo (SAUSP) juntamente com os órgãos setoriais das unidades e desde 2005 executa ações de guarda e preservação voltadas para os documentos permanentes sob sua custódia, atividade que até então era descentralizada. O órgão sedia e promove atividades do SAUSP, além de formular diretrizes sobre gestão de documentos da Universidade. Entre os anos de 2005 a 2007 ocorreu a construção e entrega da primeira parte do prédio do Arquivo Geral. No período 2011 a 2014 foi realizada a construção do segundo bloco do prédio destinado à conservação de documentos²⁰.

Figura 7. Construção que sedia o Arquivo Geral da Universidade de São Paulo. Na imagem central: localização da edificação situada dentro da Cidade Universitária (destacada em amarelo). À esquerda: planta baixa do piso térreo com disposição das salas e destaque (em vermelho) para a área monitorada (sala D). À direita: foto da fachada.

Fontes: Google Earth (acessado em 08 de agosto de 2020) e Arquivo Geral da USP.

²⁰ Informações baseadas no histórico do órgão disponibilizado no site Disponível em: https://sites.usp.br/arquivogeral/?page_id=307. Acessado em 22 de setembro de 2020.

A construção possui 8 salas, todas com ar-condicionado segundo relato de funcionárias da instituição, distribuídas em dois pisos. Na figura 7 nota-se o destaque para a sala D, localizada no piso térreo, cujos dados foram utilizados na pesquisa (em vermelho na Figura 7). De maneira geral, todas as salas possuíam maior número de itens em papel, com exceção da sala G que possui maior parte dos itens de microfilmes e fitas VHS.

3.3 MONITORAMENTO

O monitoramento foi realizado durante 365 dias nas três instituições, durante os seguintes períodos: no MX e no AG de 10 de julho de 2015 a 10 de julho de 2016, e no MP de 21 de março de 2018 a 18 de março de 2019. Contudo, nessa etapa da pesquisa foram utilizados dados de monitoramento das variáveis de temperatura (T) e umidade relativa (UR) para uma análise da dinâmica climática dos espaços anteriormente descritos nos seguintes períodos: de 01/04/2018 a 28/02/2019 para a Reserva Técnica do MP e de 01/08/2015 a 30/06/2016 para a sala de exposição do MX e AG. Cabe relatar que nos dados do MP os dados do mês de março foram desconsiderados devido um número muito grande de lacunas no conjunto de medidas o que impossibilitaria uma avaliação confiável. O mesmo foi verificado para o mês de julho para o MX e AG.

As medições dos monitoramentos do MX e do AG foram realizadas no período de julho de 2015 a julho de 2016 pelo grupo de pesquisa do orientador e, por se tratar de dados inéditos foram disponibilizados para o uso nessa pesquisa. No caso do MP, o monitoramento foi realizado especificamente para esse estudo e aconteceu no período de abril de 2018 a fevereiro de 2019 e envolveu também microambientes de acondicionamento, além da sala. Tanto para as salas quanto para os espaços de acondicionamento foram utilizados os mesmos equipamentos, com mesma configuração. Os dados dos microambientes de acondicionamento serão comparados com dados da sala a fim de entender as nuances das variações locais num mesmo local e serão apresentados em detalhes juntamente com a descrição do espaço em questão.

Os *dataloggers* utilizados no monitoramento interno são da marca ONSET (USA), modelo U10-003, com margem de erro de 0,5°C e 3,5% para T e UR, respectivamente instalados na parede dos espaços selecionados como indicado no ponto destacado nas Figuras 2, 6 e 7 a uma altura de 2m. Sua escolha se deve pela grande capacidade de armazenamento de dados, praticidade no cálculo automático das mínimas, médias e

máximas, além da facilidade de manuseio e autonomia energética em vista do período de monitoramento.

Verificou-se que aparelhos diferentes apresentavam entre eles certo desvio nos valores fornecidos e precisariam ser calibrados frente a um padrão confiável e certificado, em laboratório especializado e credenciado. Na ausência de financiamento para realizar essa tarefa, um conjunto de aparelhos foi selecionado baseado na proximidade entre as suas próprias medidas e na comparação subjetiva com outro equipamento calibrado. Todos os aparelhos selecionados para monitorar simultaneamente um mesmo local, sempre apresentavam diferenças em seus valores dentro da faixa de erro indicada pelo fabricante e mencionada acima.

Para a caracterização ambiental externa, dados físicos ambientais de temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica foram disponibilizados pelo Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas (CGE) para as estações do Butantã (localizada a 2,5 Km do AG) e Ipiranga (localizadas na cidade de São Paulo a 7 Km do MP) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para Campos do Jordão (localizada a 4 Km do MX). Para os dados de precipitação foram usados dados disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) de estação localizada no bairro do Ipiranga, em São Paulo.

A análise mensal/sazonal buscou uma melhor visualização dos valores médios calculados a partir dos dados horários coletados, possibilitando uma leitura mais clara das potencialidades e limitações de cada espaço no contexto das rotinas de cada instituição. Nas três situações, a caracterização ambiental foi realizada pela comparação entre os ambientes externos e internos de mesmo período a fim de apontar as dinâmicas atuantes nos espaços internos, considerando a influência do clima local no interior da edificação e sendo base para elaboração do diagnóstico ambiental dos espaços para fim de conservação das coleções.

Os estudos de Gonçalves (2013) e Cavicchioli, Alegre e Martins (2017) funcionaram como norteadores para escolha e configuração de equipamentos utilizados, bem como para o tratamento e análise de dados de temperatura (T) e umidade (UR), ainda que a sistematização dos dados em uma análise mensal tenha sido uma opção adotada para esta pesquisa para uma melhor visualização dos resultados anuais.

Assim como nos estudos de referência citados anteriormente, a instalação dos equipamentos nos locais de monitoramento buscou se aproximar de uma leitura mais representativa desses espaços, priorizando a parte central das salas, sempre distantes de

janelas e equipamentos de climatização (ventilador e/ou ar-condicionado). Cada sala recebeu um equipamento para medição interna, todos do modelo indicado anteriormente.

O tratamento dos dados foi realizado no Excel de forma que permitissem a separação dos dados horários por colunas de data, hora, pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa, assim como o cálculo da umidade absoluta²¹. A segunda etapa partiu para o cálculo dos valores médios diários e mensais para temperatura e umidade relativa, assim como cálculo da amplitude dessas variáveis e as diferenças entre o ambiente externo e interno. Os mesmos procedimentos foram aplicados aos dados internos. Os dados horários representam o valor registrado instantaneamente pelos equipamentos, visto que estavam programados para coletarem valores de hora em hora (começando sempre da 00:00). Para construção de gráficos e avaliação dessas tendências a partir dos valores trabalhados estatisticamente foi utilizado o programa Origin.

O diagnóstico ambiental buscou identificar potencialidades e limitações do espaço partindo da caracterização ambiental pelos valores médios calculados para compreensão das dinâmicas microclimáticas internas frente às variações climáticas locais, tanto na escala diária como mensal/sazonal (curto e médio prazo).

3.4. MÉTRICAS DE PRESERVAÇÃO

Nessa etapa de avaliação foi considerada a utilização de métricas de preservação, ou seja, de índices numéricos que permitam alcançar uma avaliação quantitativa da condição dos ambientes para fins de conservação das coleções. Os parâmetros obtidos são decorrentes da aplicação de alguns princípios teóricos simplificados (como a dependência dos processos de hidrólise da umidade e da temperatura, segundo o modelo de Arrhenius²²) e de tratamentos estatístico-matemáticos dos valores de temperatura e umidade coletados durante o monitoramento ambiental afim de se obter índices de desempenho que permitam uma leitura das condições de conservação capazes de nortear ações de gestão, permitindo ainda a comparação entre espaços ou condições ambientais distintas e se aplicando em

²¹ O cálculo da umidade absoluta foi realizado com base na fórmula empírica de Magnus como proposto por Camuffo (1998), permitindo a associação entre temperatura e umidade relativa. A importância de inserir essa variável no diagnóstico dos espaços de conservação também foi citada por Macleod (2015).

²² O estudo da velocidade das reações químicas é mostrado na cinética das reações. A velocidade de uma reação mostra a rapidez com que a reação ocorre, ou seja, com a taxa de transformação das moléculas para formar novos compostos. Entre vários fatores que condicionam a velocidade de uma reação química, podemos destacar a temperatura. Nessa perspectiva, podemos afirmar que a temperatura aumenta a velocidade das reações de forma exponencial, conforme mostra a equação de Arrhenius (FIGUEIREDO JUNIOR, 2012).

diferentes situações em que os fatores ambientais sejam determinantes (GONÇALVES, 2013).

O trabalho de Gonçalves (2013), guiou a escolha e cálculo dos índices aplicados nesse trabalho. Para o autor, as métricas de preservação são ferramentas diagnósticas importantes no trabalho de gerenciamento ambiental pois permitem uma avaliação quantitativa dos espaços de conservação em função dos fatores ambientais, permitindo

“(...) comparar duas ou mais situações ambientais que ocorrem em ocasiões diferentes no mesmo espaço, ou também comparar espaços distintos em diferentes condições ambientais, em termos de **expectativa de vida** das coleções neles abrigadas. Constituem, em última análise, critérios quantitativos que podem ser derivados de medições ou simulações ambientais, cuja interpretação pode constituir um auxílio importante nas tomadas de decisão visando à melhoria das condições de conservação, e à consequente diminuição dos riscos para a preservação dos bens culturais” (p. 31).

Os índices utilizados nesse trabalho foram IP (índice de preservação) e a metodologia Camuffo-Pagan, escolhidos pela adequação com a natureza dos materiais que se encontram nos espaços monitorados, em grande maioria papel e fotografia, materiais orgânicos e higroscópicos. Contudo, vale ressaltar que apesar da análise se centrar nessa condição de suscetibilidade, foram desconsiderados outros fatores como luz e poluentes, pois não estão no escopo dessa pesquisa.

Os tipos de degradação considerados para avaliação a partir das metodologias citadas compreendem os riscos dos seguintes tipos:

1) Danos físicos-mecânicos que ocorrem pela absorção e liberação de umidade e se aplica a materiais higroscópicos pela leitura das flutuações de UR. A Metodologia Camuffo-Pagan determina os ciclos de flutuação de umidade mais frequentes nos espaços, estabelecendo um limite de segurança para as coleções e servindo como parâmetro para ações de gestão ambiental visando diminuir o risco de danos mecânicos. Os valores mostrados no histograma de frequência foram obtidos pelo cálculo das amplitudes diárias em todo período de monitoramento e em seguida, foi calculada a moda, estabelecendo um valor de referência a partir das flutuações mais recorrentes experimentadas pelos materiais. Os limites de segurança são considerados o dobro do valor de referência, ainda sendo admissíveis para os materiais, mas inspirando maior atenção.

2) Degradação química que se baseia na cinética das reações químicas de hidrólise de uma grande variedade de materiais orgânicos (celulose, proteínas e, portanto, papel e gelatina, por exemplo), nas quais a umidade tem papel central para quebra das cadeias

poliméricas. O IP (índice de preservação) é calculado a partir de valores instantâneos de T e UR coletados durante o monitoramento ambiental e integrados ao longo do tempo por meio de valores médios, permitindo uma avaliação comparativa entre os índices aplicados a diferentes espaços ou períodos de tempo. Para esse trabalho foram calculados a taxa de degradação e o IP de acordo com a fórmula proposta por Tim Padfield (2004 apud GONÇALVES, 2013) que de acordo com o autor fornece resultados muito próximos àqueles calculados pelo Image Permanence Institute em seu *Dew Point Calculator*²³ num algoritmo que não foi revelado:

$$\frac{1}{IP_{Padfield}} = r_{Padfield} = UR \cdot 5,9 \cdot 10^{12} \cdot e^{\frac{-90300}{R \cdot T}}$$

Nessa fórmula, r representa a taxa (velocidade) de deterioração e o $IP_{(Padfield)}$ expressa uma estimativa, em anos, do tempo necessário para decaimento dos materiais. Essa estimativa não funciona como uma previsão de vida para as coleções e sim como valores que possam representar a rapidez com que os materiais estão sujeitos a sofrer degradação química.

²³ <http://dpcalc.org/>. Ferramenta comparativa que permite combinações de temperatura e umidade relativa para conhecer a qualidade dos ambientes em função da preservação do acervo. Ponto de orvalho aponta a temperatura na qual o vapor de água presente no ar ambiente passa de vapor ao estado líquido, se condensando no ambiente e nas superfícies em forma de orvalho. Principalmente em ambientes com sistemas ativos de controle ambiental, controlar o ponto de orvalho é a chave para gerenciar o risco de deterioração das coleções. Conforme bem sumarizado por Gonçalves (2013), a definição do PI feita por essa instituição decorre essencialmente da ideia de que a velocidade de degradação química é proporcional à concentração de vapor de água e segue a lei de Arrhenius da dependência exponencial com a temperatura.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO MUSEU PAULISTA

O exame do perfil térmico do espaço da RT-MP mostra que a variação sazonal da temperatura acompanhou de forma evidente a dinâmica externa, o que confirma que o clima regional é determinante no microclima interno, fato já esperado devido à ausência de controle ambiental nesses locais (Figura 8). Essa dependência ocorre igualmente em escalas de tempo menores, em particular em variações associadas com eventos de duração de poucas semanas e, possivelmente, decorrentes de eventos meteorológicos como a passagem de frentes frias.

Figura 8. Valores horários da temperatura do ar externos (estação do CGE, linha azul) e na sala de reserva técnica do MP (linha cor laranja), no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

O ambiente interno tem temperatura média maior que o ar externo com uma diferença média anual de $+2,4^{\circ}\text{C}$. Nos meses mais frios (maio a novembro), a diferença média é de $+2,7^{\circ}\text{C}$, atingindo internamente a maior média mensal de $22,3^{\circ}\text{C}$ nos meses de maio e novembro, e a menor em agosto com $19,2^{\circ}\text{C}$. Esse quadro decorre da influência do clima da região e da queda da temperatura local implicando na média interna de $21,3^{\circ}\text{C}$ e $0,8^{\circ}\text{C}$ de amplitude média diária para esse período. Nos meses mais quentes (abril, dezembro a fevereiro), a diferença média com o ambiente externo é de $+1,8^{\circ}\text{C}$, atingindo a maior média

mensal de 26,6°C no mês de janeiro, e a menor em abril com 23,7°C. Portanto, a temperatura média interna aumenta, como esperado, sob influência do clima externo, implicando numa média interna de 25,0°C e amplitude média diária de 0,9°C para o período (Figura 9).

A diferença entre a temperatura média da RT- MP e do exterior do prédio nos meses inverniais se situa em valores próximos a 2°C (Figura 10, barras cinzas) e é predominantemente influenciada pela diferença nas temperaturas mínimas (Figura 10, barras azuis) que ocorrem nas primeiras horas da manhã, indicando que o ambiente interior tem uma marcante capacidade de conservar calor durante à noite. A maior proximidade das temperaturas internas com os maiores valores diários de temperaturas externas no período é perceptível também no gráfico da Figura 11A.

Figura 9. Médias mensais de temperatura na reserva técnica do MP. As barras azuis representam os valores externos e em cor laranja, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 10. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na reserva técnica do MP. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.

Fonte: produzido pela autora.

Em janeiro, durante o verão, a diferença entre as máximas externas e internas aumenta (Figura 10, barras vermelhas), fazendo com que ocorra uma nítida atenuação da influência do clima externo sobre o clima interno nos horários de maior calor. Como as diferenças entre as mínimas não caem de forma considerável e há um aumento sazonal da temperatura, vê-se então que as flutuações de temperatura do ambiente interno estão levemente mais centralizadas com relação àquelas do ambiente externo (Figura 11 B) e a

diferença entre as médias (Figura 10, barras cinzas) acaba sendo mais próxima do que no inverno.

De uma forma geral, o imóvel consegue proteger seu interior de grandes flutuações térmicas durante todo o ano, se aproximando de um ambiente termicamente mais alinhado com os padrões de conservação nos meses mais frios e necessitando de uma atenção maior nos meses de verão, seguindo as tendências esperadas para um ambiente sem controle climático.

Figura 11. Valores horários de temperatura da Reserva Técnica do MP no inverno (A) e no verão (B). As linhas azuis representam os valores externos e as de cor laranja, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Para melhor visualização das dinâmicas de aquecimento/resfriamento diário dos locais interiores da Reserva Técnica foram escolhidas sequências de três dias de tempo estável, no meio de cada estação extrema e não coincidentes com dias de suspensão das atividades da instituição (Figura 12A e B). No período de inverno (Figura 12A), por mais que essa amostra de dados não possa ser representativa das variações sazonais em todo período, elas sugerem algumas informações importantes que se repetem em outras ocasiões:

Figura 12. Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na Reserva Técnica do MP em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

1) A fase de aquecimento começa geralmente, por volta das 9:00 com um atraso de aproximadamente 2h com relação ao início do processo de aquecimento do ar exterior que ocorre normalmente por volta das 7:00h (considere-se que em 20/7/2018 o nascer do sol aconteceu, em São Paulo, às 6:48), com pico é alcançado às 14:00.

2) A taxa de resfriamento média do ar interno ocorre num processo que se estende por 19h e resulta ser de $0,05^{\circ}\text{C/h}$, mas apresenta no fim de tarde uma queda nítida (geralmente, a partir das 17:00).

Dessa forma, as dinâmicas de aquecimento/resfriamento do ar interno são suavizadas com relação ao ar externo nessa estação. Notam-se também características que mostram a influência da localização específica da sala e da orientação do casarão com relação à posição do sol. De manhã, a edificação recebe irradiação pelo lado leste e, de tarde, pelo lado oeste onde estão as paredes externas da Reserva Técnica. Isso explica o atraso no início do ciclo de aquecimento do ar interno com relação ao ar externo, sugerindo que o ar da RT-MP aqueça principalmente como consequência do aquecimento do ar exterior na medida em que passa gradativamente a circular internamente.

A incidência do sol no lado oeste do casarão, por outro lado, colabora para o forte amortecimento na curva de resfriamento do ar no período vespertino. Também, é muito provável que a rotina de uso do espaço exerça alguma influência nessa dinâmica, uma vez que o início do ciclo de aquecimento matutino coincide com o horário de abertura da reserva técnica e que, com frequência, esse horário atrasa de uma a duas horas nos fins de semana, quando não há atividades dentro da Reserva Técnica. A mudança da inclinação da

curva de resfriamento ao redor das 17:00 pode igualmente ser interpretada à luz do papel da circulação de pessoas nesse espaço.

No verão, a dinâmica diária mostra tendências parecidas com as do inverno, com atraso no início do ciclo de aquecimento matutino e o amortecimento no processo de resfriamento vespertino/noturno no ambiente interior com relação ao ar exterior, mas com uma discrepância na taxa de aumento da temperatura: essa fica reduzida no ambiente interior, provocando um atraso de uma ou duas horas no horário de máxima temperatura. Chama atenção a inversão mais acentuada na tendência da temperatura nos primeiros horários matutinos (8:00-9:00h), provavelmente provocada pela rotina de funcionamento do espaço que, ao iniciar num momento em que o resfriamento interno ainda está em pleno acontecimento (inclinação negativa da curva) e determinando uma repentina circulação do ar externo (mais quente), parecendo essa ser a única explicação por um tal comportamento num horário em que ainda não há incidência solar direta nesse lado do casarão (Figura 12B).

Figura 13. Gráficos de caixa dos valores das amplitudes de temperatura e de umidade relativa da Reserva Técnica do MP divididos por dia de semana. As amplitudes foram calculadas para todos os dias dos períodos monitorados como diferença entre o valor máximo e mínimo de cada dia. Em vermelho, os dias de suspensão das atividades nos locais.

Fonte: produzido pela autora.

Um sinal da importância das atividades de uso da Reserva Técnica nos padrões de flutuação da temperatura pode ser notado pelos resultados da Figura 13, que apresenta os gráficos de caixa (*box-and-whisker plots*) das amplitudes térmicas desse local em função do dia da semana: as médias de tais valores nos sábados e nos domingos são inferiores àsquelas de todos os outros dias da semana e os conjuntos de valores são também mais compactos (ou seja, os desvios padrão são menores). Nos fins de semana o imóvel permanece sistematicamente fechado, o ar circula com maior dificuldade, criando uma

importante alteração nas trocas de calor do período diurno e consequentemente afetando a fase noturna, apresentando ciclos menos intensos e menores amplitudes.

Seguindo com a análise dos dados de umidade relativa e considerando a dependência dessa grandeza com a temperatura e de sua proporcionalidade direta com a umidade absoluta, destaca-se que o interior da reserva técnica do MP proporciona condições médias de umidade relativa entre 60-70% em todo período apresentando tipicamente 20 unidades percentuais abaixo das médias externas, com queda dos valores em meses mais frios (e tradicionalmente mais secos) e níveis dentro dos 60-65% em meses mais chuvosos de verão, sugerindo uma influência das temperaturas mais altas no controle desses índices (Figura 14).

Figura 14. Médias mensais de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras azuis representam os valores externos e em laranja, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 15. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.

Fonte: produzido pela autora.

A diferença é mais acentuada na faixa dos valores máximos (portanto, noturnos) sobretudo nos meses mais frios. Assim, no inverno, as marcantes diferenças de temperatura registradas de madrugada (valores mínimos – barras azuis, figura 10) se refletem nas maiores diferenças em umidade relativa observadas nos mesmos horários (valores máximos) (Figura 15 e Figura 17A). No verão, é observado que a diferença da UR mínima tende a ser mais elevada do que os valores externos nos horários de temperatura mais elevada (horários de maior secura), ainda que numa proporção menos expressiva com diferenças médias de menos de 10 unidades percentuais (Figura 15 e Figura 17B).

No período analisado, contudo, foi detectada uma fase (entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019) em que, inusitadamente, os valores de umidade relativa mínima alcançados no ambiente interior em vários dias praticamente igualaram ou até ultrapassaram os picos negativos do ambiente externo, com valores de até 15% no ambiente *indoor* (01/02/2019) e marcantes flutuações diárias (Figura 16).

Figura 16 Valores horários da umidade relativa do ar medida na estação do CGE (linhas azuis) e na sala de reserva técnica do MP, no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

De acordo com os relatos de funcionários e em consulta aos dados meteorológicos locais, nesse período ocorreram dois eventos importantes para entender essa situação: um problema de infiltração de água de chuva no interior do casarão no dia 08/01/2019 e a ocorrência de sequências de dias de escassez de chuva na segunda quinzena do mês (173mm dos 250mm de chuva registrados no mês de janeiro de 2019 foram acumulados na primeira quinzena do mês (70%) *versus* 76mm (30%) registrados na segunda, em particular, com somente 4mm de chuva entre os dias 28/1 e 3/2).

A partir dessas informações verificaram-se dois fenômenos capazes de justificar a ocorrência de baixa umidade em 01/02/2019: devido à infiltração, nas semanas posteriores ao evento do dia 08/01/2019 houve um incremento na ventilação das salas da Reserva Técnica visando estimular a evaporação do excesso de água (Figura 18). Simultaneamente, verificou-se uma queda incomum na umidade absoluta do ar nessa região (Figura 18) alcançando níveis de até 4,3 g/kg, ainda com temperaturas elevadas (35,6°C).

Figura 17 Detalhe dos Gráficos dos valores horários de umidade relativa da Reserva Técnica do MP no inverno (A) e no verão (B) As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os internos.

Fonte: produzido pela autora.

O efeito resultante foi uma situação de valores de umidade relativa baixíssimos durante o dia, mas relativamente elevados durante a noite, em função da presença de estoque de água, temperaturas reduzidas e ambientes fechados após o expediente. Tal interpretação é corroborada pelos dados de umidade relativa (Figura 19) que, na mesma época, revela um nítido incremento em suas flutuações, indicando fluxos em entrada e em saída bastante expressivos da quantidade de água no ar compatíveis com a situação descrita. Em condições de normalidade, a sala da Reserva Técnica do MP apresenta valores reduzidos e menos flutuantes de umidade absoluta com relação ao ambiente externo, ainda que siga variações sazonais de menores níveis na estação seca (aprox. 10 g/kg) e maiores no verão (aprox. 15 g/kg), como mostrado pela Figura 19.

Figura 18. Detalhe do período de descontrole da umidade do ar ocorrido no interior da reserva técnica do MP em janeiro-fevereiro de 2019. As linhas azuis representam os valores externos e as linhas cor laranja os internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 19 Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na reserva técnica do MP. Na figura A, a linha azul representa os valores internos e a linha cor laranja os valores externos, no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

4.2. COMPARAÇÃO ENTRE MICROCLIMAS DE ACONDICIONAMENTOS NO MUSEU PAULISTA

Para fins de comparação, os três microclimas internos no MP foram nomeados em MP-A (sala), MP-B (gaveteiro) e MP-C (caixa). Na escala de condicionamentos, o perfil térmico mostra que a variação interna nesses espaços refletiu de forma muito próxima a

dinâmica de MP-A e discreta diminuição dos valores médios no MP-B quando comparado ao MP-C, confirmando que a influência do clima regional também é determinante no microclima interno, se estendendo de MP-A aos condicionamentos (Figura 20).

Figura 20. Valores horários da temperatura do ar medida na sala de reserva técnica do MP e em dois tipos de condicionamento no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. Em ambas as figuras, as linhas laranjas representam valores de MP-A. Na figura 20A, a linha verde representa os valores de MP-B. Na figura 20B, em preto, estão os valores MP-C.

Fonte: produzido pela autora.

A temperatura média dos microclimas de condicionamento reflete a situação da sala com diferenças médias anuais de temperatura menores que a margem de erro dos equipamentos ($<0,5^{\circ}\text{C}$) em ambos os casos, o que a rigor impossibilita distinções no comportamento térmico nos espaços internos, variando em poucos décimos de grau (Figura 21).

Entretanto, é perceptível o fato que as flutuações no interior do microambiente MP-B são, com muita frequência, ligeiramente reduzidas com relação a MP-A, não se tratando meramente de um deslocamento para baixo da curva dos valores horários (valores menores), mas sim de uma situação em que efetivamente o microambiente alcança valores máximos diários mais amenos, ainda que em poucos décimos de $^{\circ}\text{C}$, conforme mostram os gráficos A e B da Figura 23. O mesmo efeito é notado, com ainda maior clareza, no microambiente MP-C (gráficos C e D da Figura 23), fato esse que fornece uma demonstração mais segura da observação destacada.

Figura 21 Médias mensais de temperatura na reserva técnica do MP. As barras cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B e em preto, os valores MP-C.

Fonte:produzido pela autora.

Figura 22 Médias mensais de umidade relativa na reserva técnica do MP. As barras cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B e em preto, os valores MP-C.

Fonte:produzido pela autora

Figura 23 Gráficos dos valores horários de temperatura da Reserva Técnica do MP no inverno (A e B) e no verão (C e D). As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 23A) e em preto, os valores MP-C (Figura 23B).

Fonte:produzido pela autora.

Nas Figuras 23 C e D, percebe-se um discreto aumento da intensidade da flutuação, mas que no caso do MP-B parece associado efetivamente a um deslocamento da curva como um todo em direção a valores mais baixos, ocorrência que não foi possível explicar, até o presente momento.

Os dados de umidade relativa mostram condições médias entre 60-70% em todo período monitorado para ambos os microclimas de acondicionamento com queda dos valores em meses mais frios (e frequentemente mais secos) e discreto aumento dos valores em meses tradicionalmente mais chuvosos de verão, seguindo dinâmica de MP-A. Possivelmente, as diferenças entre MP-B e MP-C assim como nos dados de temperatura, podem estar relacionadas à influência dos materiais de cada tipo de acondicionamento e/ou às formas de acondicionamento utilizadas em cada caso (Figura 22).

O comportamento da umidade relativa interna em MP-B foi mais oscilante que o MP-C e acompanhou mais proximamente as condições da sala, apresentando uma média anual de 63,1%. Se comparado a média anual de MP-A (64,1%), pode-se considerar que as condições de MP-A se repetiram internamente no acondicionamento, visto que a diferença entre os espaços foi menor que a margem de erro do equipamento (Figura 24 A).

Figura 24. Valores horários da umidade relativa do ar medida na sala de reserva técnica do MP e em dois tipos de acondicionamento no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 24A) e em preto, os valores MP-C (Figura 24B).

Fonte: produzido pela autora.

O MP-C mostrou maior valor e regularidade dos níveis de umidade relativa, quando comparado ao MP-B. A média anual de umidade relativa no MP-C foi 65,2%, com nítida oscilação diária menor, apesar de no verão notar-se um discreto aumento, o que é esperado devido às características sazonais do clima local na região (Figura 24 B).

A estabilidade desse parâmetro nos dois microambientes, frente aos valores do ar da sala, foi particularmente evidente nas Figuras 25, em recortes temporais de três meses, sendo uma observação principalmente visível nos meses mais frios.

Figura 25 Gráficos dos valores horários de umidade relativa da Reserva Técnica do MP no inverno (A e B) e no verão (C e D). As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 25A) e em preto, os valores MP-C (Figura 25B).

Fonte: produzido pela autora.

O diferente comportamento dos microclimas internos pode ser percebido também durante a ocorrência de 01/02/2019, quando MP-A alcançou 15% de umidade relativa interna em decorrência do período de secura e das ações de manutenção do espaço após os dias de chuva que foram relatados anteriormente. Contudo, foi percebido que os microclimas de condicionamento responderam positivamente a essa queda drástica.

No MP-A a queda se iniciou às 04:00 com valor de 48% de umidade relativa e se estendeu até às 15:00 quando atingiu menor valor de 15%. O MP-B acompanhou o horário de início da queda de MP-A com o valor de 53%, porém atingiu seu valor mínimo às 11:00 no valor de 40,5%, enquanto MP-A continuou em queda (Figura 26 A). No MP-C houve um atraso no início da queda, que se iniciou por volta de 07:00 com valor de 58,7% com

período de queda mais extenso até as 14:00, porém em menor amplitude, atingindo nesse horário o pico mínimo de 50,4% (Figura 26B).

Figura 26 Detalhe do período de baixíssima umidade do ar ocorrido no interior da reserva técnica do MP em fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 26A) e em preto, os valores MP-C (Figura 26B).

Fonte:produzido pela autora.

Nota-se que MP-B e MP-C se mantiveram em condições muito próximas, mostrando diferenças importantes quando comparados a MP-A, principalmente quando se refere às oscilações diárias. O MP-C tende a manter maior estabilidade quando comparado a MP-B, o que possivelmente pode estar ligado à presença de material higroscópico nas caixas internas, permitindo suavização das oscilações externas pela manutenção de níveis maiores de umidade interna. Em todo ano, foi percebido que o pico mínimo de vapor de água nos microambientes foi de 7,8g/kg e 8,5g/kg para MP-B e MP-C, respectivamente em julho de 2018 (Figura 27).

Figura 27. Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na reserva técnica do MP e em dois tipos de acondicionamento no período de 01 de abril de 2018 a 28 de fevereiro de 2019. As linhas cor de laranja representam os valores de MP-A, em verde os valores de MP-B (Figura 27A) e em preto, os valores MP-C (Figura 27B).

Fonte: produzido pela autora.

4.3. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA NO MUSEU CASA DA XILOGRAVURA

A dinâmica térmica da sala de exposição do MX mostrou que a variação sazonal da temperatura também acompanha a dinâmica externa, confirmando que o clima regional exerce forte influência no microclima interno devido à ausência de controle ambiental nesse espaço (Figura 28).

O ambiente interno teve temperatura maior que o externo com uma diferença média anual de $+2,3^{\circ}\text{C}$. Nos períodos mais frios (agosto e setembro/2015, maio e junho/2016), a diferença média foi de $+2,1^{\circ}\text{C}$, atingindo a maior média mensal de $17,4^{\circ}\text{C}$ no mês de setembro, e a menor em junho com $13,0^{\circ}\text{C}$. Esse quadro resulta da influência do clima local de baixas temperaturas, implicando numa média interna de $15,2^{\circ}\text{C}$ e uma amplitude térmica de $2,8^{\circ}\text{C}$ para esse período. Nos meses mais quentes (outubro a abril), a diferença média com o ambiente externo foi de $+2,3^{\circ}\text{C}$, apresentando a maior média mensal de $20,5^{\circ}\text{C}$ no mês de fevereiro e a menor nos meses de março e abril com $19,3^{\circ}\text{C}$. O aumento da temperatura média interna ocorreu por ação do clima externo, acarretando numa média interna de $19,9^{\circ}\text{C}$ e amplitude térmica de $2,4^{\circ}\text{C}$ para o período (Figura 29).

Figura 28. Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala exposição do MX (linhas rosas), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 29 Médias mensais de temperatura na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e aquelas em cor de rosa, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 30 Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na sala de exposição do MX. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.

Fonte: produzido pela autora.

A diferença entre a temperatura média da sala 7 do MX e do exterior do prédio em agosto (mês mais frio) se aproximou de 2°C (Figura 30, barras cinzas) e foi influenciada pela diferença nas temperaturas mínimas (Figura 30, barras azuis), indicando que o ambiente interno consegue reter calor durante à noite. A diferença entre as máximas sugere

que o ambiente suaviza o efeito externo e centraliza os ciclos diários dos extremos de temperatura no período mais frio (mês de agosto) como foi perceptível na Figura 31A.

Nos meses mais quentes, a diferença entre as máximas externas e internas diminui (Figura 30, barras vermelhas), fazendo com que ocorresse uma aproximação entre o clima externo sobre o clima interno nos horários de maior temperatura. Como as diferenças entre as mínimas não caem de forma considerável e há um aumento sazonal da temperatura, vê-se então que as flutuações de temperatura do ambiente interno estão mais aproximadas dos maiores valores no ambiente externo (Figura 31 B) e a diferença entre as médias internas e externas (Figura 30, barras cinzas) acaba sendo mais alta do que no inverno, como esperado.

Figura 31 Gráficos dos valores horários de temperatura da sala de exposição do MX no inverno (A) e no verão (B). As linhas pretas representam os valores externos e linhas rosas, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

No inverno, as dinâmicas de aquecimento/resfriamento diário nas sequências escolhidas no período de inverno mostram que a fase de aquecimento começou geralmente, por volta das 8:00 com um atraso de aproximadamente 2h com relação ao início do processo de aquecimento do ar exterior que ocorreu normalmente por volta das 6:00h (considere-se que em 01/08/2015 o nascer do sol aconteceu, em Campos do Jordão, às 6:37). A taxa de resfriamento média do ar interno ocorreu num processo que se estende por 16h e resultou ser de 0,24°C/h, mas apresentou no fim de tarde uma queda nítida (geralmente, a partir das 15:00). Trata-se de uma característica específica desse microambiente que decorre de uma maior exposição da sala em questão a trocas de calor com o ambiente externo, apresentando a curva de resfriamento levemente mais íngreme que o verão, provocando uma maior queda de temperatura noturna. Esse fato pode ser

explicado pela ausência de um segundo pavimento acima da sala monitorada e seu contato direto com o telhado, ainda que o local se encontre no meio da edificação (Figura 32A).

Nos meses mais quentes (outubro-fevereiro), a temperatura média mensal interna se estabilizou ao redor dos 20°C, com flutuações diárias um pouco menos intensas e maior proximidade entre as máximas internas e externas (Figura 31B).—Essa dinâmica diária mostrou tendências parecidas com as do inverno, com a fase de aquecimento começando, por volta das 7:00 com um atraso de aproximadamente 1h com relação ao início do processo de aquecimento do ar exterior que ocorre normalmente por volta das 6:00h (considere-se que em 31/01/2016 o nascer do sol aconteceu, em Campos do Jordão, às 6:42). A taxa de resfriamento média do ar interno ocorreu num processo que se estendeu por 14h com valor de 0,23°C/h, com início geralmente no fim da tarde a partir das 17:00 (Figura 32B).

Figura 32 Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na sala de exposição do MX em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). As linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.

Fonte:produzido pela autora.

Figura 33 Gráficos de caixa dos valores das amplitudes de temperatura e de umidade relativa da sala de exposição do MX divididos por dia de semana. As amplitudes foram calculadas para todos os dias dos períodos monitorados como diferença entre o valor máximo e mínimo de cada dia. Em vermelho, os dias de suspensão das atividades nos locais.

Fonte: produzido pela autora.

A influência da abertura dos locais para circulação de funcionários e visitantes foi igualmente detectada, seja pelo fato das amplitudes térmicas diárias serem efetivamente menores nos dias de suspensão das atividades do museu (terça e quarta-feira) de acordo com o gráfico da Figura 33, ou pela clara sobreposição entre as curvas da umidade absoluta interna e externa (Figura 38), pois somente uma rápida e eficiente troca de ar pode justificar tal similaridade entre os valores externo, que são determinantes, e os valores internos.

Com relação à umidade relativa, o interior da sala 7 apresentou médias mensais entre 67-72% nos meses mais frios (agosto e setembro/2015, maio e junho/2016) e na faixa 65-80% nos meses mais quentes (outubro a abril), conforme Figura 34. A umidade relativa dentro do museu se manteve sempre abaixo dos índices externos.

A diferença dos valores médios mensais situa-se aproximadamente na faixa de 10 unidades percentuais abaixo das médias mensais exteriores e discretamente abaixo dessa diferença nos meses mais quentes (barras cinzas na Figura 35). Podemos observar que os valores das diferenças de UR máximas (barras vermelhas na Figura 35) são mais marcantes e influenciados principalmente pelas diferenças de temperatura mínima entre o interior e o exterior como observado na Figura 30.

Figura 34. Médias mensais de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e na cor rosa, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 35. Diferenças entre as médias mensais internas e externas de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os valores máximos.

Fonte: produzido pela autora.

Em geral, o ambiente mais quente impede que sejam alcançados os níveis de saturação característicos do ambiente externo, mantendo uma diferença de mais de 20 unidades percentuais, com discreta aproximação nos meses de verão, possivelmente pelo aumento de umidade do ar característico dessa estação pela presença de chuvas.

As diferenças da UR mínima apresentaram valores positivos representativos que diminuem com a proximidade dos meses mais quentes, possivelmente como consequência das temperaturas mais altas durante esse momento do dia (barras azuis na Figura 35). Os valores positivos indicam que, via de regra, o ambiente interno concentra umidade atuando como uma barreira para eventos de secura. Esse fato é confirmado pelos valores horários que alcançaram valores inferiores a 60% de UR numa frequência menor (Figura 36), sendo especialmente preocupante para as coleções orgânicas num contexto local de alta umidade.

Figura 36 Valores horários da umidade relativa do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linhas rosas), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

Destacam-se, no entanto, as intensidades das flutuações diárias de UR no ambiente interior do Museu da Xilogravura, especialmente nos meses mais frios (Figura 37A). Considerando as características locais, onde o inverno é um período tradicionalmente mais seco, as oscilações na temperatura entre dia e noite fazem dessa época do ano um período favorável para esse tipo de efeito, decorrente tanto das maiores flutuações de temperatura como das intensas variações de umidade absoluta muito expressivas nessa instituição (Figura 38).

Observa-se, contudo, que de uma forma geral, a sala de exposição do MX apresentou valores menores de umidade absoluta, mas muito próximos do ambiente externo com menores valores nos meses de inverno (agosto/setembro de 2015 e junho de 2016) com média de 9,0 g/kg e maiores no verão (outubro de 2015 a maio de 2016) com média de 12,3 g/kg. Sugere-se que esse padrão interno, que se repete ao longo do ano, esteja associado a um fenômeno de mais ampla interação com o ambiente externo. Contudo, nesse trabalho e com os dados disponíveis não é possível avaliar em detalhe o quanto as características arquitetônicas da edificação ou a rotina funcional do espaço e a manutenção do prédio adotada pelos gestores influenciem essa situação.

Figura 37 Gráficos dos valores horários de umidade relativa da sala de exposição do MX no inverno (A) e no verão (B) As linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.

Fonte:produzido pela autora.

Figura 38. Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na sala de exposição do MX. Na figura A, a linha preta representa os valores internos e a linha rosa os valores externos, no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte:produzido pela autora.

4.4. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA NO ARQUIVO GERAL DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A dinâmica térmica da sala de armazenamento do AG (sala D) mostrou dinâmica própria e que não depende diretamente do ambiente externo devido ao uso de ar-condicionado no espaço, geralmente ativo tanto no controle das temperaturas máximas como das temperaturas mínimas. O ambiente interno apresentou temperatura média mais

baixa que o externo com uma diferença média anual de $-1,1^{\circ}\text{C}$. Nos meses mais frios (agosto-setembro de 2015 e maio-junho de 2016), a diferença média foi de $+1,2^{\circ}\text{C}$, implicando na média interna de $19,2^{\circ}\text{C}$ e $0,9^{\circ}\text{C}$ de amplitude média para esse período. Nos meses mais quentes (outubro a abril), a diferença média com o ambiente externo foi de $-2,4^{\circ}\text{C}$ com média interna de $20,4^{\circ}\text{C}$ e amplitude de $1,2^{\circ}\text{C}$ para o período (Figura 39).

Figura 39 Médias mensais de temperatura na sala de exposição do AG. As barras pretas representam os valores externos e em azul, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 40 Diferenças entre as médias mensais internas e externas de temperatura na sala de exposição do AG. As barras cinzas mostram a diferença entre os valores médios, as azuis entre os valores mínimos e as vermelhas entre os máximos.

Fonte: produzido pela autora.

A diferença entre a temperatura média da sala de armazenagem do AG e do exterior do prédio nos meses de verão (novembro e fevereiro) se situou em valores próximos a 2°C (Figura 40, barras cinzas). Nota-se expressivo distanciamento das temperaturas máximas (Figura 40, barras vermelhas) que ocorreram nas primeiras horas da tarde, mantendo-se mais próximo dos menores valores diários de temperatura externa, o que pode ser visto também no gráfico da Figura 41. Nos meses inverniais, a diferença entre as máximas externas e internas diminuiu em decorrência da diminuição dos valores externos (Figura 40, barras vermelhas), havendo aumento expressivo no distanciamento das mínimas, que caíram expressivamente, aumentando a diferença e mantendo a regularidade térmica no ambiente, confirmando a relativa estabilidade térmica pelo uso de ar-condicionado se comparado ao ambiente externo.

Mesmo com os níveis médios mensais relativamente estáveis e sempre muito próximos de 20°C , foi possível perceber que houve frequentes episódios no rompimento dessa estabilidade ocasionados possivelmente por problemas técnicos no equipamento ou

outra ocorrência interna que não foi relatada nesta pesquisa (Figura 40). Nesses episódios foi constatado que, sem o uso do ar-condicionado, o espaço interior sofre pulsos de aquecimento (Figuras 41).

Figura 41 Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linhas azuis), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

Por exemplo, durante o período de verão, foi observado que um aumento súbito de temperatura teve início no dia 28/12/2015 às 9:00 quando apresentava 19,1°C e alcançou pico de 23,3°C às 22:00 do mesmo dia. Na sequência, houve um período curto de estabilidade e um segundo aumento de temperatura no dia 31/12/2015 às 8:00 com 23,8°C e pico de 25°C às 20:00. Um terceiro aumento se iniciou horas depois, às 8:00 do dia 01/01/2016 alcançando pico máximo às 16:00 com 26,3°C e se estabilizando nessa faixa com pequenas oscilações. Uma queda brusca de temperatura ocorreu no dia 04/01/2016 às 7:00 quando apresentava temperatura de 25,0°C e alcançou 18,7°C às 14h do mesmo dia (Figura 42A). O fato de que não se observaram aumentos com a mesma intensidade que o ar externo e que também a temperatura interna não acompanhou a externa na fase de resfriamento noturna, indica que o prédio apresentou uma significativa inércia térmica, constatação confirmada pela leitura (aqui não mostrada) dos gráficos de temperatura de uma sala adjacente em que os ciclos térmicos foram caracterizados por uma semelhante atenuação.

No inverno, outra ocorrência semelhante ocorreu no dia 06/06/2016 quando houve uma queda acentuada na temperatura que apresentava 22°C às 20h e caiu continuamente até o dia 14/06/2016 às 10:00 atingindo a temperatura de 15°C. Retomando em seguida o aumento até dia 18/06/2016 às 20h quando alcançou 18,2°C (Figura 42B)

Figura 42 Sequências de três ciclos diários de temperaturas registrados na sala de exposição do MX em dias de estabilidade meteorológica no inverno (A) e no verão (B). as linhas pretas representam os valores externos e as linhas rosas os valores internos.

Fonte: produzido pela autora.

A análise dos dados de umidade relativa mostrou que o interior da sala D do AG proporciona condições médias muito próximas ou superior ao ambiente externo com altos níveis de umidade relativa entre 67-79% nos meses mais frios (agosto e setembro/2015, maio e junho/2016) e na faixa 79-85,2% nos meses mais quentes (outubro a abril) (Figura 42).

Nota-se que a sala D do AG apresentou altos índices de umidade relativa (Figura 43) que não estão relacionados com trocas com o ambiente externo visto que os níveis de umidade absoluta permanecem muito abaixo do exterior e relativamente controlado: isso decorre certamente do fato de que os aparelhos convencionais de resfriamento atuam na condensação do vapor de água e sua remoção para o ambiente externo. Por esse mesmo motivo, nos meses frios (quando o ciclo de resfriamento é menos ativo) as curvas se aproximam (Figura 44). Em termos quantitativos, os valores de umidade absoluta apresentam médias de 10,6 g/kg para os meses de inverno e de 12,9 g/kg para os meses mais quentes. Destacam-se, ainda intensidades expressivas das flutuações de UR interna com queda nos valores especialmente nos períodos onde há oscilações de temperatura.

Figura 43 Médias mensais de umidade relativa na sala de exposição do MX. As barras pretas representam os valores externos e em azul, os valores internos.

Fonte: produzido pela autora

Especialmente nos meses mais quentes, a umidade absoluta interna seguiu mais baixa ainda que a estação mais chuvosa: o fato dos valores de UR serem nitidamente mais elevados, está associado à manutenção de valores controlados de temperatura. Já, nos meses mais frios (mais secos) as quedas de UR acompanharam os picos negativos de umidade absoluta: dessa forma, é possível entender que os níveis de UR podem apresentar níveis mais altos pelo impulso da T mais baixa no ambiente.

Figura 44 Valores horários da temperatura do ar medida na estação do INMET (linhas pretas) e na sala de exposição do MX (linha azul), no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte: produzido pela autora

Figura 45 Valores horários calculados da razão de mistura do vapor de água (umidade absoluta) na sala de exposição do MX. Na figura A, a linha preta representa os valores internos e a linha azul os valores externos, no período de 01 de agosto de 2018 a 30 de junho de 2019.

Fonte: produzido pela autora.

4.5. MÉTRICAS RESULTANTES DO MONITORAMENTO AMBIENTAL

4.5.1. Flutuações de umidade relativa

Segundo a metodologia Camuffo-Pagan, citada por Gonçalves (2013), é indicado que se avalie com que frequência ocorrem flutuações com o dobro do valor da moda da frequência das flutuações diárias como forma de avaliar o grau de risco de degradação mecânica associada com a dilatação de materiais higroscópicos quando da absorção de umidade. A Figura 46 apresenta o gráfico da frequência de amplitude diária para umidade relativa, calculadas a partir da diferença entre as máximas e mínimas diárias²⁴.

No caso dos três ambientes monitorados, foram calculadas as frequências das flutuações diárias de UR em intervalos de 2,5 unidades percentuais e percebeu-se que, no MP a moda corresponde ao valor de 4,3 unidades percentuais (linha preta na Figura 46), no MX o valor de 8,8 unidades percentuais (linha vermelha na Figura 46) e no AG, 4,8 unidades percentuais (linha azul na Figura 46).

²⁴ As curvas de frequência foram suavizadas artificialmente pelo método das médias adjacentes com o uso do software Origin 8.0 para destacar o comportamento mais comum dentro de cada sala.

No caso do MP, o limite de oscilação para risco de dano mecânico às coleções é de 8,6 unidades percentuais e foi ultrapassado 51 vezes no período de 01/04/2018 a 28/02/2019 num total de 333 valores diários (15,3% dos dias monitorados). No MX, o valor máximo aceitável é 17,5 unidades percentuais. No período de 01/08/2015 a 30/06/2016, num total de 335 valores diários, esse valor de risco foi ultrapassado 33 vezes (9,8% dos dias monitorados). O limite permitido para AG é 9,5 unidades percentuais e no período de 01/08/2015 a 30/06/2016 (total de 335 valores diários), esse valor de risco foi ultrapassado 92 vezes (27,5% dos dias).

Entre as instituições citadas, uma comparação permite evidenciar situações distintas de vulnerabilidade a partir da ocorrência de episódios que apresentam valores acima do limite aceitável para danos mecânicos aos materiais. Como critério geral, pode-se dizer que quanto menor for a moda das frequências de oscilação (ou seja, quanto mais baixas as oscilações diárias típicas de cada ambiente), maior precisa ser o cuidado pois amplitudes maiores (ainda que não tão elevadas em magnitude) poderão ser menos toleradas.

Figura 46. Gráfico de frequência de ocorrência das flutuações de UR no MP, MX e GA (as curvas foram suavizadas com o método das médias adjacentes para melhorar a visualização).

Fonte: produzido pela autora.

Em particular, numa comparação entre MP e AG, ambos apresentando valores relativamente baixos da moda (<5 unidades percentuais), destaca-se a maior vulnerabilidade do AG pela mais elevada ocorrência de flutuações elevadas (segundo o critério de Camuffo-Pagan, > 10 unidades percentuais), indicando a necessidade de maior atenção para estabilização desta variável. Por outro lado, o espaço expositivo do MX,

apesar da maior frequência de episódios de magnitude dobrada com relação a MP e AG, na perspectiva da metodologia adotada se encontra numa situação de maior estabilidade. Na visão dos autores do método, isso ocorre porque os eventuais danos associados com flutuações da ordem de 10 unidades percentuais de umidade relativa já foram, por assim dizer, incorporados e novas alterações são agora menos prováveis.

4.5.2. Índice de Preservação (IP)

Numa comparação quantitativa e partindo do cálculo da taxa de deterioração da hidrólise do acetato de celulose (r) proposta por Padfield com base num trabalho de 1995 de Reilly et al. (apud GONÇALVES, 2013) citada anteriormente no item 3.4 da metodologia, seguem os resultados das médias mensais de r calculadas a partir dos valores horários afim de identificar diferenças e similaridades entre os espaços e os focos de eventuais ações de aprimoramento (Figuras 47 a 49).

Considerando a tipologia de acervos abrigada em cada espaço se faz especialmente importante o uso desse índice como ferramenta visto que materiais higroscópicos como os que estão presentes em ampla maioria nos espaços citados mantem estreita relação com temperatura e umidade do ar. Para esse índice, a temperatura tem papel predominante pois a dependência da velocidade da degradação dessa variável pela lógica de Arrhenius é de tipo exponencial, ao passo que a umidade contribui de forma linear.

Dito isso, é possível perceber entre os meses mais frios (junho a outubro) que, de fato, há uma diminuição nos valores mensais, indicando que em todas as instituições, o inverno é um período menos problemático do ponto de vista da degradação química dos materiais, no que diz respeito a contribuição de temperatura e umidade relativa. O contrário também é notado nos meses mais quentes, deixando mais nítida as especificidades de cada espaço e indicando que em termos de controle climático, o aumento de temperatura aumenta a vulnerabilidade desses locais.

Os valores médios mensais foram calculados a partir dos valores de r horários (Figuras 47 a 49). Para o MP, o período está disposto em ordem cronológica, indo de abril de 2018 a fevereiro de 2019. No caso do MX e AG, os meses não estão dispostos em ordem cronológica e foram organizados para facilitar a leitura comparativa entre os espaços. Para essas instituições, originalmente, o período vai de julho de 2015 a junho de 2016.

No MP, em meses inverniais o valor de r alcança 0,04 apenas no mês de outubro com leve aumento. Contudo, nos meses de verão, as médias ultrapassam esse valor e se aproximam de 0.08. Ou seja, valores maiores indicam pior desempenho do ambiente (Figura 47). Vale ressaltar que o local não possui nenhum controle climático, mantendo sua dinâmica interna baseada nas trocas de calor e umidade com o ambiente externo através das propriedades da edificação e pelo uso do espaço (com aberturas de portas e janelas).

No caso do MX, localizado em região serrana com tradicionais temperaturas mais amenas, mesmo em meses quentes o valor não ultrapassa 0,04 (Figura 48). Numa situação intermediária encontra-se o AG que mesmo possuindo um sistema de climatização ativo que garante temperaturas mais baixas (média em torno de 20°C), apresenta valores mais altos que no MX, que não possui nenhum sistema de controle ambiental (Figura 49) e, sobretudo, se destaca por valores particularmente elevados de UR.

Figura 47. Médias mensais da taxa de degradação (r) na reserva técnica do MP. O mês de março foi desconsiderado por não possuir dados completos.

Figura 48. Médias mensais da taxa de degradação (r) na sala de exposição do MX. O mês de julho foi desconsiderado por não possuir dados completos.

Figura 49. Médias mensais da taxa de degradação (r) na sala D de armazenamento do AG. O mês de julho foi desconsiderado por não possuir dados completos.

Fonte: figuras 47 a 49 foram produzidas pela autora

Nas figuras 50 a 52, considerando o cálculo de r foram destacados os meses de dezembro a fevereiro como os períodos de maior vulnerabilidade para os três casos estudados - o que será retomado mais adiante ainda nesse trabalho. Os dados originais utilizados para as médias mensais de r se basearam na aplicação da equação aos valores horários de todo período monitorado e da mesma forma também foram utilizados os dados horários originais para o cálculo do IP anual de forma que apresente uma estimativa em anos para melhor visualização das condições ambientais nos espaços.

Considerando o período de monitoramento (01/04/2018 a 28/02/2019), o MP apresentou o valor médio anual do IP de 18,6, reafirmando as condições expostas nos gráficos anteriores. Na figura 50 foi evidenciado que durante os meses de verão, especialmente de dezembro a fevereiro, percebe-se maiores valores de r e consequentemente maior vulnerabilidade nesses períodos.

No MX, o valor médio anual do IP de 29,2 para o período de 01/08/2015 a 30/06/2016 e assim como no MP, mostrou que em meses de verão houve um aumento nos valores da taxa de degradação. Contudo, é perceptível que os valores estão nitidamente mais baixos que o MP em todo o ano com elevação da taxa de deterioração nos meses de verão, quando ultrapassou pouco o valor de 0,040 (Figura 51). Dessa forma, nota-se uma situação mais confortável em todo o ano, principalmente em meses mais frios.

O período de monitoramento do AG corresponde ao mesmo do MX e de forma semelhante aos casos anteriores, mostrou que em meses de verão houve um aumento nos valores da taxa de degradação. Contudo, é perceptível que no AG o uso de climatização possibilita relativa estabilidade desses índices que possivelmente se elevam nos momentos em que há alteração da temperatura interna, o que ocorreu em níveis mais altos nos meses de verão. No AG, apesar da relativa estabilidade térmica com uso de climatização ativa e temperaturas mais amenas assim como no MX, nota-se que o IP de 22,8, menor em relação ao MX que também se assemelha nos índices de temperatura, possivelmente deve-se aos altos índices de umidade relativa interna (Figura 52).

Figura 50 Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MP.

Figura 51. Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MX.

Figura 52. Valores originais da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no AG.

Fonte: figuras 50 a 52 foram produzidas pela autora.

5. DISCUSSÃO

Teoricamente, a relação entre o ambiente e as coleções nos espaços de conservação de acervos culturais nos permite compreender esses locais como o primeiro invólucro protetor dos bens materiais. Na prática, essa relação ocorre de forma mais complexa, pois essa função de proteger está diretamente condicionada à manutenção de condições microclimáticas adequadas, o que torna necessário um entendimento mais aprofundado das dinâmicas microambientais internas da edificação.

A compreensão dessas dinâmicas é parte da avaliação dos ambientes e compreende o reconhecimento da influência do uso do espaço, do clima local e da arquitetura a esses espaços, tornando-os mais estáveis ou vulneráveis. O próprio acervo pode oferecer indícios sobre a qualidade do ambiente em decorrência da estreita relação que mantêm e dos fatores ambientais sobre os materiais de sua composição. Dito isso, um monitoramento contínuo e sistemático do ambiente interno e das coleções torna-se o ponto central para o direcionamento das ações de preservação das coleções, principalmente na perspectiva da conservação de acervos. Para Carvalho (2012, p.129):

O papel desempenhado pelos edifícios na preservação das coleções é objeto dos nossos estudos e trabalhos, assim como nas questões relativas ao controle ambiental, tendo em vista que o ambiente é um dos principais agentes de deterioração de bens culturais”.

O diagnóstico microclimático de espaços de conservação de bens culturais baseado no monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar, pode ser objeto de diferentes tipos de aprofundamentos e, sobretudo, provocar respostas variadas por parte das instituições e suas equipes no intuito de atender à missão de preservação dos acervos. Claramente, toda reação dependerá não somente da habilidade de definir, a partir desses dados, um quadro de riscos para as coleções, mas também da capacidade de traçar um eventual conjunto de estratégias para a minimização ou neutralização de tais riscos, bem como das efetivas condições de implementação de um plano com essa finalidade.

Para Macleod (2015), a adoção de padrões clássicos (20°C e 50%) condiciona as ações de conservação ao uso de sistemas de climatização que podem não se adequar ao padrão climático local ou a própria natureza construtiva das edificações, dependendo ainda de altos custos e gasto energético, bem como da capacidade técnica de saber manusear adequadamente tais sistemas. O fato que muitas vezes se atribui ao atendimento de tais

padrões e aos maquinários utilizados para garanti-los uma capacidade excessiva de prevenção de danos faz com que sejam desconsiderados os benefícios de um ambiente menos controlado e naturalmente (ou passivamente) estável, entre eles a contribuição para as demandas do movimento pela sustentabilidade, baseado na valorização do potencial local e no resgate do histórico ambiental das coleções.

Atkinson (2014) afirma que após anos seguindo uma postura muito rigorosa, a tendência atual na conservação é de retorno à simplicidade, evitando grandes alterações nas condições microclimáticas a ponto de expor as coleções aos riscos de constantes extremos climáticos na crença da adoção de padrões previamente estabelecidos. Essa tendência tem apontado para busca de um ambiente mais estável com ações que se baseiam mais na redução das flutuações de temperatura, umidade e no uso dos recursos arquitetônicos do que em estratégias de controle ambiental baseadas em sistemas que não se adequam a todas as realidades sejam climáticas, institucionais ou financeiras.

Já foi mencionado que uma abordagem tradicional adotada para lidar com a questão de mensurar riscos e direcionar ações práticas se baseia no estabelecimento de padrões de qualidade microclimática (níveis médios de temperatura e umidade relativa e faixas de variabilidade) e colocar em prática programas de gestão voltados para o atendimento de tais padrões. Essa linha de trabalho apresenta, incontestavelmente, uma série de vantagens, mas está sendo cada vez mais questionada em várias instâncias, essencialmente com base em dois argumentos principais:

- i) o excessivo rigor de tais padrões e a carência de uma fundamentação científica real que justifique a necessidade de parâmetros tão austeros de forma generalizada (portanto, estendidos a diferentes tipos de coleções e a situações climáticas muito distintas);
- ii) o fato de que a adoção de metas rígidas pressupõe fatalmente o emprego e a dependência de sistema mecanizados de controle climático, o que implica – entre outras coisas – em ir de encontro a alguns dos principais preceitos da sustentabilidade e aumentar a pegada ecológica das práticas de conservação em museus, arquivos e afins:

Staniforth (2014) aponta que Thomson já alertava para a importância da estabilidade para as coleções e da incômoda dependência do uso de máquinas para manutenção dos índices de temperatura e umidade relativa de forma constante. Para a autora, a inserção de práticas científicas nas ações de conservação possibilitou um caminho recente que inclui a busca de soluções mais eficientes, incluindo as novas demandas ambientais e aceitando os

riscos inerentes à função de conservação para avançar e desenvolver a área. Sobre isso, Cassar (2009) diz:

This position is the result of a growing realization that it is impossible to control everything and that standards, such as the way we manage risk, can be challenged by methodologies and procedures that are transparent and consistent. Universal solutions are no longer the answer because deterministic approaches and an eagerness for standardization oversimplify the complex reality we face today.

Esse raciocínio é desenvolvido por Staniforth (2010) em seu texto “*Conservation Heating to Slow Conservation: A Tale of the Appropriate Rather than the Ideal*” no qual é defendido, como possível saída, a ideia de que o conservador poderia aderir a uma conduta inspirada na lógica da Slow Conservation, num paralelismo com o movimento do Slow Food, afirmando que

“All Slow Movements have a number of things in common: they look to the local rather than the global; they consider the environmental impacts of their actions, strive for sustainability and are ‘green’; and they value smallness and simplicity rather than largeness and complications”.

Um aspecto complementar desse raciocínio é que o conservador, consciente dos efeitos de natureza física, química e biológica dos níveis de temperatura e umidade relativa do ar num determinado espaço – e da extensão das respectivas flutuações – deveria se preocupar primariamente com a obtenção de condições adequadas mais do que atingir uma situação ideal.

Mesmo antes da entrada dos valores sustentáveis nas rotinas dos museus, a definição de parâmetros ambientais seguros já era um tema problemático devido às diferentes funções dos espaços e as necessidades de conservação, principalmente em espaços de exposição devido a necessidade de equacionar necessidades de acervo e visitantes. A experiência de replicação de índices universais tem mostrado que não se aplicam adequadamente a todas as realidades e atualmente, vem chamando atenção pelo alto consumo energético diante do contexto ambiental. Dessa forma, a avaliação dos espaços de conservação precisa englobar mais do que sua adequação em determinado padrão climático pré-definido, pois o próprio histórico ambiental dos materiais influencia na conservação dos bens.

Atualmente, as ações de controle ambiental têm se baseado nas necessidades do ambiente em função de se adquirir um ambiente mais estável e equilibrado com as condições ambientais locais e evitando extremos ambientais e maior adequação à realidade

climática e institucional ao invés de assumir riscos decorrentes de padrões ambientais genéricos (HIMMELSTEIN; APPELBAUM, 2008).

Tal proposição direcionaria a ação do conservador para a busca de um aprimoramento gradativo das condições ambientais de seus espaços de conservação e sempre na medida em que tais desenvolvimentos sejam efetivamente sustentáveis pela instituição, portanto, em linha com suas efetivas capacidades de manutenção de forma estável em termos de gestão. Nesse sentido, não somente deveria se ter um olhar para o clima local e dispensar ou minimizar o uso de sistemas de controle mecanizado do microclima, mas também buscar a otimização de oportunidades passivas e também a participação colaborativa da comunidade de profissionais atuantes nas diferentes esferas da instituição.

5.1. AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

Considerando os resultados do diagnóstico realizado à luz dessas premissas, destacam-se os seguintes pontos:

1) Na reserva técnica do MP evidencia-se um quadro positivo com relação à estabilidade de curto prazo de temperatura e umidade relativa, isto é, com flutuações diárias em sua maioria, de $< 1^{\circ}\text{C}$ na temperatura e $< 5\%$ na umidade relativa, inclusive estando muito próximos dos índices mais tradicionais. Como antecipado, acredita-se que essa situação decorra de uma combinação de fatores que incluem a posição da sala com relação à incidência de radiação solar, o bom desempenho do sistema arquitetônico na amenização das variações noturnas e a ausência de fenômenos (fontes internas, transporte do ambiente exterior) que produzam aumento na umidade absoluta do ar no interior da Reserva Técnica. O reconhecimento da existência desse tipo de situação benéfica por limitar a ocorrência de processos mecânicos de desgaste em um acervo formado em sua maioria por materiais higroscópicos (papel e materiais fotográficos) é a primeira etapa de qualquer processo de decisão envolvendo direta ou indiretamente a conservação do acervo, inclusive quando da definição de eventuais mudanças ou transferências no local devido à fragilidade dessas coleções a esse tipo de degradação. Contudo, notou-se que se trata de uma condição vulnerável, como mostrou o acidente ocorrido no mês de janeiro de 2019, seja em termos de quanto a estrutura da edificação esteja sujeita a episódios meteorológicos extremos, pela ausência de mecanismos de detecção de anomalias microclimáticas ou pela ausência de

protocolos de resposta para esse tipo de ocorrência, inclusive o monitoramento das ações de resposta para contenção de danos.

2) A partir dos valores médios de temperatura e umidade relativa é possível visualizar situações de disparidade sazonal nas condições ambientais e indicar possíveis ações mitigatórias a fim de estabelecer estratégias direcionadas partindo de dados do diagnóstico microclimático. Cabe lembrar que esses parâmetros são ligados ao envelhecimento/degradação química e à biodeterioração e que, na perspectiva praticamente unânime de todos os cientistas da conservação, teoricamente, quanto menores as temperatura e umidade, menores serão as taxas de ocorrência de tais processos. Na prática, valores muito baixos de temperatura e umidade são impraticáveis e/ou podem provocar efeitos negativos como aumento da umidade relativa, congelamento ou desidratação de materiais higroscópicos, por exemplo. No caso do MP, observou-se que enquanto na estação mais fria é possível manter um determinado patamar de temperaturas controladas sem provocar um aumento na umidade relativa sem quaisquer intervenções mecanizadas (resfriamento/calefação ou (des)umidificação), nos meses mais quentes houve um aumento nos valores dessas variáveis. A título de comparação quantitativa e usando como parâmetro de referência numérica o fator IP, o período entre os meses de abril-novembro obteve IP médio de 22,1 e de dezembro-fevereiro um IP médio de 15,6. Houve então, um aumento relativo na capacidade do ambiente de acelerar processos de decaimento químico, visto que durante o verão, tanto a temperatura como a umidade absoluta do ar aumentaram havendo apenas uma compensação que levou a umidade relativa a um patamar médio estável.

3) A discussão está desconsiderando um outro importante fator de degradação que, claramente, precisa ser levado em consideração em casos que envolvem processos de mistura de ar interno e externo, como por exemplo, a presença de poluentes químicos gasosos. Outras soluções passivas complementares ajudariam no manejo desses fatores, assim como no controle de pragas e de substâncias poluidoras do ar com sistemas de ventilação dotados de filtros. Uma possível abordagem seria buscar uma equiparação entre a qualidade ambiental (IPs mais próximos) entre as duas estações por meio de recursos de controle passivo. Alguns recursos dessa natureza são apresentados no âmbito da bioarquitetura e com o uso de ventilação natural ou forçada enquanto estratégia de controle ambiental e complementada por simulações fluidodinâmicas e foi objeto de um estudo primoroso por Gonçalves (2013) apontando:

- A amenização da temperatura pela a menor incidência direta de radiação solar nos horários de máximo com uso de cortinas, persianas ou breezes nas janelas; vegetação mais fechada ao redor da casa.
- Trocas de ar interno e externo em horário mais fresco e menos úmido, podendo assim proporcionar alguma redução na temperatura sem introduzir quantidades muito expressivas de vapor de água adicional e, portanto, minimizando efeitos sobre a umidade relativa. Essas trocas poderiam ser efetuadas com rotinas cuidadosas de aberturas e fechamento de janelas e do planejamento de melhores horários para atividades no espaço. Apesar da implementação desse tipo de estratégia ser necessariamente acompanhada por um monitoramento contínuo e cuidadoso, mostra a existência de elementos que podem ser explorados numa abordagem desvinculada do uso de sistemas de controle mecanizado.

No caso da situação evidenciada para a sala de exposição do MX, o quadro microclimático apresenta características bastante distintas e remetem para as seguintes considerações:

4) A sala de exposição do MX apresenta valores médios de temperatura no interior do museu, ligados às características microclimáticas da região, representam a fator mais favorável do diagnóstico, mas cabe destacar que são também responsáveis pela manutenção dos níveis de umidade relativa em patamares tidos por propiciarem processos de biodeterioração. Dessa forma, a busca por um melhor controle desse fator ambiental pode ser enxergada como um alvo prioritário num eventual processo de aprimoramento das condições de conservação ou alternativamente, tolerar níveis mais elevados de umidade relativa, mas com um monitoramento rigoroso da contaminação microbiológica e infestação de pragas.

5) Ainda no MX, as flutuações diárias são maiores que no MP e em sua maioria são menores que 3°C na temperatura e 15% na umidade relativa. Contudo, amenizar a umidade relativa não parece ser uma tarefa fácil, pois se observa que suas maiores médias são registradas no verão, o que sugere que a temperatura não aumenta, em média, o suficiente nessa estação para garantir teores médios sistematicamente mais próximos aos valores dos meses mais frios sugerindo que haja forte influência da circulação de ar na introdução de vapor de água do ambiente externo. Assim, pode-se dizer que, nessa estação, há um processo de aumento generalizado de umidade absoluta – favorecido pelas trocas entre os ambientes internos e externos – não contrabalanceado por um aumento médio da

temperatura. Numa perspectiva de gestão inspirada nos cânones da sustentabilidade e portanto, dispensando a ideia de sistemas mecânicos de remoção de umidade (provavelmente de escassa eficiência num espaço de ambientes altamente interconectados como nessa instituição), as soluções deveriam privilegiar a redução da taxa de ventilação ou a adesão a sistemas inteligentes de circulação do ar em função das relações entre os ambientes internos e externos. Essa estratégia teria a potencialidade de contribuir com a redução das flutuações de umidade relativa ligadas também à introdução de vapor de água para dentro do casarão.

6) No MX, a comparação quantitativa entre IPs revelou que entre os meses de abril-novembro foi obtido IP médio de 45 e de dezembro-fevereiro, o valor de 25,2. Ocorre que também há um aumento relativo na capacidade do ambiente de acelerar processos de decaimento químico no verão comparativamente ao inverno, assim como no MP. Contudo, o índice para o período mais vulnerável do MX (verão) se mostra ainda superior ao MP no inverno, fato que decorre das diferenças em temperatura apesar dos maiores níveis de UR.

7) O AG apresenta boa estabilidade nos valores de temperatura no interior do museu devido ao sistema de climatização adotado com uso de ar-condicionado, sendo dessa forma o fator mais favorável do diagnóstico. A comparação entre IPs revela que entre os meses de abril-novembro obteve-se IP médio de 27,5 e de dezembro-fevereiro, o valor de 21,7. Da mesma forma que no MP e no MX, há um aumento relativo na capacidade aceleração dos processos de decaimento químico ao passar do inverno para o verão, contudo, uma situação de estabilidade anual entre períodos tradicionalmente mais críticos de calor e demais meses do ano.

8) Cabe destacar que assim como no MX, as temperaturas mais baixas são também responsáveis pelos altos níveis de umidade relativa no espaço, aumentando o risco de processos de biodeterioração no acervo. Ao contrário do MX, o espaço não permite constante troca de ar e consequente entrada de vapor de água externo, esse fator pode ser visto no diagnóstico indicando que essa não seja a razão dos altos índices de umidade relativa apresentados no espaço e que também não haja fontes internas de umidade.

9) O controle e diminuição dos níveis de umidade relativa seria o objetivo principal se considerarmos ajustes nas estratégias de controle climático da instituição (AG). Considerando que são espaços individuais e sem aberturas que permitam trocas com o exterior, ao contrário do MX, o uso de equipamentos de desumidificação poderia ser cogitado, contudo seria mais uma fonte de consumo energético. Considerando a natureza deste trabalho, consideramos ainda simplesmente tolerar níveis de temperaturas mais altos

de forma a controlar a umidade relativa, visto que o espaço originalmente foi pensado para esse tipo de uso ou aceitar a condição interna de alta umidade relativa e seguir protocolos rigorosos de monitoramento da contaminação microbiológica.

10) No caso dos microclimas de acondicionamento do MP, nota-se que nas duas situações (MP-B e MP-C), os espaços internos acompanharam a dinâmica térmica da sala (MP-A), fato já esperado pois não há nenhum dispositivo que isole o espaço interno. Considerando o diagnóstico da sala, vemos que no verão a situação um pouco mais complexa se repete nos espaços de acondicionamento e consequentemente as soluções utilizadas na sala se aplicariam nessas escalas também.

11) Ainda sobre os microclimas de acondicionamento do MP, no caso dos níveis de umidade relativa nos espaços internos foi possível perceber uma diferença no comportamento entre MP-B e MP-C. Enquanto MP-B acompanha mais proximamente as dinâmicas de MP-A, MP-C mostrou uma boa capacidade de manter maior estabilidade interna, em alguns momentos mantendo a umidade relativa interna em períodos de secura do espaço externo (MP-A). Contudo, considerando a natureza dos materiais acondicionados, as condições não são consideradas adequadas visto a sensibilidade dos materiais fotográficos. De toda forma, MP-C demonstrou que para riscos mecânicos, a solução de acondicionamento é uma alternativa.

Para fins de comparação com os resultados apresentados no item 4.5.2 deste trabalho, mais especificamente nas figuras 50 a 52, cogitou-se vislumbrar três cenários de possíveis intervenções de controle ambiental no MP e no MX no tocante aos parâmetros de temperatura e UR para os meses mais críticos do período de verão. Seus impactos foram avaliados nos termos dos índices de degradação mecânica e degradação química apresentados na seção 3.4, num exercício que objetivou uma apreciação da importância de investimentos de esforços na adoção de parâmetros ambientais mais restritos, porém realizáveis, focados em limitar extremos de temperatura e umidade relativa. Tal avaliação serviria para ponderar a adequação de estratégias de controle ativas *versus* as passivas, naturalmente mais sustentáveis. Tais simulações não foram realizadas no AG porque nesse caso, a instituição que se utiliza de climatização ativa para controlar seu microclima interno, não se encaixando na proposta.

Três cenários hipotéticos foram definidos enfatizando mudanças nos meses mais quentes, época de elevação do risco de degradação química conforme mostrado na seção 4.5.2, consistiram em:

- A) Limitação, nos meses de novembro a fevereiro, de níveis máximos de umidade relativa em 65% com objetivo de melhorar as condições ligadas à degradação química e biológica dos materiais e de reduzir flutuações diárias de umidade relativa e consequente danos mecânicos;
- B) Limitação, nos meses de novembro a fevereiro, de níveis máximos de temperatura (em 24°C no MP e 20°C no MX) com objetivo de melhorar valores das taxas de degradação (nesse caso, os valores de UR foram recalculados em função dos valores simulados de T e com base na umidade absoluta);
- C) Limitação, nos meses de novembro a fevereiro, simultânea de valores máximos de temperatura (24°C e 20°C) e umidade relativa (65%).

Uma contagem da frequência das flutuações de umidade relativa (Figura 53) foi realizada para verificar se, no caso da adoção de uma das estratégias indicadas para o controle climático, haveria algum impacto negativo em termos de maior incidência de episódios de flutuações muito mais amplas do que a moda mensurada (os autores dessa metodologia sugerem avaliar o risco de impacto com base na variação da frequência de flutuações com amplitude correspondente ao dobro do valor representado pela moda). A manutenção do perfil atual ou o aumento da frequência de episódios com amplitude menor seria um cenário positivo de estabilidade.

No caso tanto do MP, como do MX (Figura 53), não há indicativos de uma piora do quadro atual, sendo que no caso da adoção de uma estratégia de teto máximo de temperatura nos meses mais quentes o perfil seria mantido muito próximo ao atual e no caso da adoção de uma limitação na UR máxima haveria um aumento expressivo de flutuações de amplitude reduzida, mas sem aumento pelo lado das amplitudes maiores, fato perfeitamente esperado uma vez que no período em questão (dezembro a fevereiro) as flutuações se concentram quase sempre na faixa superior ao patamar fixado.

Figura 53. Gráfico de frequência de ocorrência das flutuações de UR no MP, MX e GA (as curvas foram suavizadas com o método das médias adjacentes para melhorar a visualização).

Fonte: produzido pela autora.

Já o cálculo das taxas de degradação (r) e dos IPs em cada simulação conjecturada (Figuras 54 e 55) mostrou que, no MP, quando comparadas aos valores originais, as ações voltadas para o controle ambiental causariam aumento do valor do índice de preservação em +2% (estabelecimento de teto de 65% na UR), +7% (estabelecimento de teto de 24°C na temperatura) e +15% (controle de ambos os parâmetros). No MX, tais incrementos são avaliados em +10% (controle da UR), +4% (controle da temperatura) e +13% (controle de ambos os parâmetros).

Figura 54. Valores da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MP. No período de dezembro a fevereiro os valores foram alterados de acordo com as condições indicadas em cada situação A, B e C.

Fonte: produzido pela autora.

Figura 55. Valores da taxa de deterioração (r), calculados a partir dos dados horários de temperatura e umidade relativa no MX. No período de dezembro a fevereiro os valores foram alterados de acordo com as condições indicadas em cada situação A, B e C.

Fonte: produzido pela autora.

Uma primeira consideração consiste em destacar o maior peso do controle da temperatura no caso do MP e da UR no caso do MX para os maiores incrementos em termos de estabilidade química, melhoras que claramente se potencializam quando os dois fatores ambientais são controlados simultaneamente.

Ora, uma apreciação da importância dos aumentos estimados claramente depende de uma série de considerações voltadas para ponderar o ganho teórico de ações de controle frente aos custos associados com a implementação de medidas de controle. A influência de outras frentes de risco também precisaria ser levada em consideração. Por exemplo, qualquer tomada de decisão num contexto como este teria que incluir questões de biodeterioração que dependem igualmente do microclima em questão. Também, se o controle climático fosse realizado com sistemas mecânicos, seria necessário incorporar reflexões sobre a possibilidade de falhas nos sistemas de manutenção do controle de temperatura e UR e a extensão dos danos em tais eventualidades. O caso do AG mostra que ocorrências dessa natureza podem ser mais comuns do que almejado, a menos que não sejam instalados sistemas muito robustos e que se prevejam eficientes procedimentos de manutenção e reparação.

De todo modo, ainda que de maneira possivelmente arbitrária, se nota que a amenização do risco de degradação química, que tais índices buscam medir, parece pouco expressiva, sobretudo se os melhores resultados somente se obtêm na aplicação de restrições simultâneas na temperatura e na UR e numa época do ano em que tais parâmetros tendem a fugir com mais vigor dos limites cogitados. Observa-se, também, que enquanto uma intervenção de tipo mecânica no MP seria tecnicamente mais viável e financeiramente menos onerosa do que no MX, por envolver um espaço de menores proporções (em que pese, por outro lado, o fato que essa mesma condições favoreceria a implementação de medidas passivas, como mostrado pelos dados dos microclimas nas áreas segregadas, MP-B e MP-C), no MX o investimento e, portanto, o risco de insustentabilidade de longo prazo, seriam maiores, uma vez que se trata de uma área de amplas proporções diretamente interligada com o resto do imóvel.

Essas reflexões parecem corroborar a perspectiva dos controles passivos como sendo não somente mais alinhados com o espírito da sustentabilidade (menos gasto de energia, pegada ambiental reduzida), mas também mais harmonizados com práticas de conservação mais seguras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção da temática da sustentabilidade nas ações operacionais de museus tem evidenciado novos caminhos para as práticas de conservação. Este trabalho foi desenvolvido a partir de três estudos de caso realizados em espaços distintos voltados à função de conservação de acervos. Os espaços possuem diferentes funções e características construtivas, sendo dois deles adaptados para essa funcionalidade e sem nenhum sistema de controle climático (nos casos abordados nesse trabalho, uma sala de armazenamento e outra de exposição); no terceiro caso, foi monitorada uma das salas de armazenamento de uma edificação planejada e construída para esse fim com sistema de controle ambiental ativo voltado para controle da temperatura com uso de ar-condicionado.

A adoção de parâmetros microclimáticos é uma prática que visa o controle das condições climáticas nos espaços internos para maior segurança das coleções devido os riscos mecânicos, biológico e químico decorrentes da interação entre o ambiente e os materiais de composição dos bens, quer seja em uma sala de armazenamento ou de exposição. Nesse sentido, foi importante exemplificar como o diagnóstico ambiental e a aplicação de métricas podem auxiliar no trabalho de conservação, sendo importantes ferramentas no processo de tomadas de decisão para definição das estratégias de controle ambiental nesses espaços.

Os dados coletados durante o monitoramento destacaram importantes diferenças de comportamento nas salas investigadas e em parte, são decorrentes das diferenças climáticas de cada localidade, das distintas características das edificações e de suas formas de uso – fato que ressalta a importância de se desconfiar de avaliações puramente intuitivas e se investir em estudos individualizados. A avaliação dos espaços se baseou na análise da dinâmica higrotérmica dos ambientes e a discussão foi desenvolvida sob a ótica da conservação preventiva e da sustentabilidade.

A análise dos dados de temperatura e umidade relativa coletados nos espaços sem sistemas de controle climático revelou que, de fato, o principal fator determinante é o clima externo e que a edificação funciona como mediadora do clima exterior, amenizando a intensidade das flutuações de temperatura e se distanciando das temperaturas mínimas externas, tornando o ambiente mediamente mais quente.

No caso do uso de ar-condicionado como principal medida de controle ambiental nota-se que o espaço interno desenvolve dinâmica climática própria, condizente com o

sistema de controle adotado, mas apresenta maior descontrolado dos índices internos de umidade relativa e episódios de grande oscilação interna de temperatura possivelmente ocasionada por falhas mecânicas.

Apesar dos ambientes sem controle climático possuírem um ambiente mais quente, o que faz com que essa informação não seja positiva se considerarmos a ocorrência de danos químicos nos materiais, nos casos citados nessa pesquisa representa uma vantagem para o controle da umidade relativa, especialmente no MP.

Considerando o contexto climático das instituições, onde a umidade tende a atingir valores mais altos, além do risco de degradação biológica, há ainda a possibilidade de ocorrência de grandes flutuações diárias com queda brusca (como no MP) ou aumento exacerbado de umidade interna, influenciada pelas rotinas internas de funcionamento que permitem trocas de ar entre os ambientes internos e externos (como no MX) ou pela opção de norteamto de ações de controle climático a partir da temperatura com manutenção de valores mais baixos (como no AG).

O trabalho apresentado nessa pesquisa, tendo em vista o gerenciamento global de um acervo, é parcial, pois deixou de considerar aspectos importantes como a presença de agentes químicos e biológicos ou ainda a incidência de radiação luminosa, mas apresenta possíveis caminhos para o entendimento das características microclimáticas e da importância do diagnóstico ambiental dos espaços destinados a receber acervos culturais, sendo uma ferramenta importante para conceber ou reavaliar políticas internas de uso e gerenciamento de espaços que conciliem a missão da instituição e as necessidades (ou a oportunidade) do emprego de soluções passivas de controle ambiental, se posicionando claramente nos debates atuais sobre responsabilidade social e ambiental das instituições culturais, especialmente os museus.

Da mesma forma buscou-se dar visibilidade as diferentes dimensões microclimáticas que coexistem num mesmo espaço e diante disso, compreender que cabe à conservação, antes de tudo, considerar essas diferenças para o uso adequado no estabelecimento de padrões e rotinas, podendo se valer dessas escalas reduzidas para se obter maior controle dos espaços que cercam os objetos, desmistificando o conceito de microclima quando atrelado à espaços em escalas reduzidas sem controle adequado.

Cabe alertar que a identificação de soluções orientadas para algumas questões relevantes apontadas pelo diagnóstico não constituiu o objetivo principal desse trabalho e os exemplos apresentados atenderam ao intento de mostrar a viabilidade de caminhos alternativos, muitas vezes de implementação mais simples e acessível aos diferentes perfis

de instituições com acervos culturais, e que, de fato, concretiza a relação entre sustentabilidade e conservação.

Principalmente em regiões tropicais, onde a replicação de índices ambientais mais tradicionais de forma segura condiciona a excelência dos espaços ao uso de sistemas ativos de controle ambiental se tornando extremamente oneroso e de difícil execução, sendo necessário considerar outras possibilidades antes de optar por soluções que reconhecidamente estão mais sujeitas a falhas e panes, provocando descontinuidade das condições climáticas de forma brusca e que em muitos casos estão diretamente ligadas às tragédias em espaços culturais ocasionando perdas irreparáveis de acervos. Além dos riscos de ordem puramente técnica, vale considerar o contexto de incertezas no setor cultural que na ausência de uma política cultural clara não pode ou deve se manter na total dependência de recursos financeiros para manutenção onerosas e constantes.

REFERENCIAS

- ALCHORNE, G.; COELHO DE SÁ, I. Arte Contemporânea e sua Conservação: revisitando Brandi e Viñas. **Mosaico**, v. 6, n. 9, 2015.
- ARANTES, A. A. O patrimônio imaterial e a sustentabilidade de sua salvaguarda. **Resgate**, v. 13, p. 11–18, 2014.
- ASHLEY-SMITH, J.; UMNEY, N.; FORD, D. Let's be honest — realistic environmental parameters for loaned objects. **Studies in Conservation**, v. 39, n. sup 2, p. 12–16, 1994.
- ATKINSON, J. K. Environmental conditions for the safeguarding of collections: A background to the current debate on the control of relative humidity and temperature. **Studies in Conservation**, v. 59, n. 4, p. 205–212, 2014.
- AVRAMI, E. Sustainability and the built environment. **Conservation Perspectives: The CGI Newsletter**, Los Angeles, v. 26, n. 1, p. 4 – 10, 2011. Disponível em: <https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/26_1/feature.html>. Acesso em: 12 jul. 2020.
- BOERSMA, F.; DARDES, K.; DRUZIK, J. Precaution, Proof, and Pragmatism Evolving Perspectives on the Museum Environment. **Conservation Perspectives, the GCI Newsletter**, v. 29, p. 4–9, jan./2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2FDgvjU>>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- CAMUFFO, D. **Microclimate for cultural heritage**. Amsterdam: Elsevier, 1998. 409 p.
- CARVALHO, C. S. R. Arquitetura e Segurança das Coleções. In: **Segurança de Acervos Culturais**. Rio de Janeiro: MAST, 2012. p. 129–142.
- CASSAR, M. Sustainable Heritage: Challenges and Strategies for the Twenty-First Century. **APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology**, v. 40, n.1, p. 3-12, 2009. Disponível em:<<https://bit.ly/2RnWrVs>>. Acesso em: 01 jun. 2019
- CAVICCHIOLI, A. et al. Indoor Ozone and Nitrogen Dioxide concentration in Two Museums of the Sao Paulo Megacity - Brazil. **e-Preservation Science**, v. 10, p. 114–122, 2013.
- CAVICCHIOLI, A. **Microambientes e a conservação de bens culturais**. 2014. Tese de Livre-Docência – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2014. 206 p.
- CAVICCHIOLI, A. Perspectivas cooperativas entre academia e conservadores na caracterização ambiental para a conservação preventiva de bens culturais. **Revista CPC**, São Paulo, v. 23, p. 245–273, 2017.
- CAVICCHIOLI, A.; ALEGRE, P. L. D.; MARTINS, A. G. S. Microambientes e conservação preventiva em áreas indoor : o caso do espaço interior não climatizado da Casa de Dona Yayá , em São Paulo (Brasil). **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 25, p. 32–46, 2017.
- DE SILVA, M.; HENDERSON, J. Sustainability in conservation practice. **Journal of the Institute of Conservation**, v. 34, n. 1, p. 5–15, 2011.
- FERRONI, E. et al. A preparação do Museu do Ipiranga para o Bicentenário da Independência em 2022 – Revista Restauro :: arte | museu | arquitetura | cidade. **Revista Restauro**, São Paulo, v. 4, n. 7, 2020. Disponível em: <<http://web.revistarestauro.com.br/a-preparacao-do-museu-do-ipiranga-para-o-bicentenario-da-independencia-em-2022/>>. Acesso em: 8 ago. 2020.
- FIGUEIREDO JUNIOR, J. C. D. Química Aplicada à Conservação e Restauração de Bens Culturais: Uma Introdução. Belo Horizonte: São Jerônimo, 2012.
- FRONER, Y.-A. **Reserva Técnica**. Tópicos em Conservação Preventiva- 8. Belo Horizonte, LACICOR-Escola de Belas Artes-UFMG, 2008. 24 p.

FRONER, Y.-A. International policies for sustainable development from cultural empowerment. **Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development**, v. 7, n. 2, p. 208–223, 2017.

FRONER, Y.-A.; ROSADO, A. **Princípios históricos e filosóficos da Conservação Preventiva**. Tópicos em Conservação Preventiva- 2. Belo Horizonte, LACICOR- Escola de Belas Artes-UFMG, 2008. 24 p.

FRONER, Y.-A.; SOUZA, L. A. C. S. **Preservação de bens patrimoniais: conceitos e critérios**. Tópicos em Conservação Preventiva- 3. Belo Horizonte, LACICOR- Escola de Belas Artes-UFMG, 2008. 22 p.

GONÇALVES, W. B. **Métricas de preservação e simulações computacionais como ferramentas diagnósticas para a conservação preventiva de coleções: estudo de caso no Sítio Patrimônio Mundial de Congonhas**. 2013. 492 p. Tese (Doutorado em Artes) - Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

GONÇALVES, W. DE B.; SOUZA, L. A. C. O debate contemporâneo sobre as interfaces transdisciplinares de dois campos de conhecimento em consolidação: a Ciência da Sustentabilidade e a Ciência do Patrimônio. **PÓS:Revista do Programa de Pós-graduação em Artes da EBA/UFMG**, v. 4, p. 84–102, 2014.

GONÇALVES, W. DE B.; SOUZA, L. A. C.; FRONER, Y.-A. **Edifícios que abrigam coleções**. Tópicos em Conservação Preventiva- 6. Belo Horizonte, LACICOR- Escola de Belas Artes-UFMG, 2008. 45 p.

GRZYWACZ, C. M. **Monitoring for gaseous pollutants in museum environments**. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2006. 160 p.

GUIMARAES, L. Preservação de Acervos Culturais. In: **Segurança de Acervos Culturais**. Rio de Janeiro: MAST, 2012. p. 73–108.

HIMMELSTEIN, P.; APPELBAUM, B. Going Green in Museums : a Conservator ' s View. **Preservation**, 2008. Disponível em: <https://www.ischool.utexas.edu/kilgarlin/gaga/proceedings.html>. Acessado em 17 out. 2020

HORTA, M. DE L. P. Vinte anos depois de Santiago: A Declaração de Caracas. In: **O ICOM-Brasil e o pensamento Museológico Brasileiro**. Org. Maria Cristina Oliveira Bruno. São Paulo, 2010, p. 61–66.

ICOM. **Declaration on Environmental Guidelines**, 2014. Disponível em: <<http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

KING, S.; PEARSON, C. Controle ambiental para instituições culturais: planejamento adequado e uso de tecnologias alternativas. In: MENDES, Marylka. et al (org). **Conservação. Conceitos e Práticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001, p. 41-64.

NASCIMENTO JUNIOR, José do; TRAMPE A., SANTOS P. A. dos (org.). **Mesa redonda sobre la importancia y el desarrollo de los museos em el mundo contemporáneo**: Revista Museum (1973). Brasília: IBRAM/MINC; Programa Iberoamericanos, 2012.

PEDERSOLI Jr, J. L.; ANTONMARCHI, C.; MICHALSKI, S. **Guia de Gestão de Risco para Patrimônio Museológico**, ICCROM, 2017. Disponível em: https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-01/guia_de_gestao_de_riscos_pt.pdf. Acessado em 15 de out. 2020.

MACLEOD, I. Micrometeorological Assessment of Passive Climate Controls for Museums. **AICCM Bulletin**, v. 36, p. 33–43, 1 jun. 2015.

MAEKAWA, Shin. et al. Climate Controls in a Historic House Museum in the Tropics: A Case Study of Collection Care and Human Comfort. In: PLEA2009: 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Quebec, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/3kguTh3>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MAEKAWA, Shin; TOLEDO, Franciza Lima. Sustainable Climate Control for Historic Buildings in hot and humid regions. In: PLEA 2001: The 18th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Florianópolis,

2001. Disponível em: < <https://bit.ly/3hv4wlO>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MAKINO, M. et al. O Serviço de Documentação Textual e. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 10/11, n. 1, p. 259–304, 2003.

MARTENS, M. Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data. 2012.

MCCARTHY, J. et al. Socio-cultural dimensions of climate change: charting the terrain. **GeoJournal**, v. 79, n. 6, p. 665–675, 2014.

MICHALSKI, S. Care and Preservation of Collections. In: **Running a Museum: A Practical Handbook**. Paris: ICOM, 2004. p. 51–90.

NEVES, L. DE O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. 232 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª edição, Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf Acessado em 19 de outubro de 2020.

PADFIELD, T.; ERHARDT, D.; HOPWOOD, W. Trouble in store. **Studies in Conservation**, v. 27, sup. 1, p. 24–27, 1982.

PADFIELD, T.; LARSEN, P. K. How to design museums with a naturally stable climate. **Studies in Conservation**, v. 49, n. 2, p. 1–14, 2003.

PAULA, T. C. T. DE. De Plenderleith a Al Gore. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 241–264, 2008.

PELEGRINI, S. C. A. Cultura e natureza: os desafios das práticas preservacionistas na esfera do patrimônio cultural e ambiental. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 115–140, 2006.

RIBEIRO, Marina B.; LOMARDO, L. L. B. Bioclimatic museum architecture in historic buildings: instrument of environmental sustainability. In: AMOÊDA, R.; LIRA, S.; PINHEIRO, C. (ed.). *Heritage 2016: Proceedings of the 5th International Conference on Heritage and Sustainable Development*. 1.ed. Barcelos: Green Lines Institute for Sustainable Development, p. 593–606, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/35zFnUH>>. Acesso em: 08 mar. 2020

RYHL-SVENDSEN, Morten. et al. *A museum storage facility controlled by solar energy. Climate for Collections: standards and uncertainties*. London: Archetype, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/35zZq5o>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SAUNDERS, D. Climate Change and Museum Collections. **Studies in Conservation**, v. 53, n. 4, p. 287–297, 2008.

SILVA, S. M. C. L. T. DA. Da "Contemplação da Ruína" ao patrimônio sustentável: contributo para uma compreensão adequada dos bens culturais. **RevCedoua**, v. 2, p. 69–93, 2002.

SILVA, Liliana Sousa e. Sustentabilidade na cultura: da diversidade cultural à sustentação financeira. In: **Anais do II Seminário Políticas Culturais**. Rio de Janeiro: Fundação Casa de Rui Barbosa, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/33so0CK>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

SOUZA, L. A. C. A importância da conservação preventiva. **Revista da Biblioteca Mário de Andrade**, São Paulo, v. 52, p. 87–93, 1994.

SOUZA, L. A. C. Panorama brasileiro na relação entre ciência e conservação de acervos. **PÓS:Revista do Programa de Pós-graduação em Artes da EBA/UFMG**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 37–46, 2008a.
 SOUZA, L. A. C. **Conservação preventiva: controle ambiental**. Tópicos em Conservação Preventiva- 5. Belo Horizonte, LACICOR- Escola de Belas Artes-UFMG, 2008b.

STANIFORTH, S. Slow conservation. **Studies in Conservation**, v. 55, n. 2, p. 74–80, 2010.

STANIFORTH, S. Environmental conditions for the safeguarding of collections: Future trends. **Studies in Conservation**, v. 59, n. 4, p. 213–217, 2014.

TEIJGELER, R. **Conservação preventiva da herança documental em climas tropicais**. Lisboa: Biblioteca Nacional, 2007. 400 p.

TOLEDO, F. The Role of Architecture in Preventive Conservation. Roma: ICCROM, 2006. 74p.
 Disponível em: <<https://bit.ly/2FtEdj4>> Acesso em: 8 mar. 2020.

TOLEDO, F. L. Controle Ambiental e Preservação de Acervos Documentais nos Trópicos Úmidos. **Acervo**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 71–76, 2010.

TORELLY, L. P. Patrimônio mundial e desenvolvimento sustentável: desafios para o século XXI. **Arquitextos**, São Paulo, ano 15, n. 177.04, fev./2015. Disponível em:
 <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.177/5488>>. Acesso em: 5 dez. 2019.

TERRA, C.; SAFT, J. **Avaliação de desempenho técnico-constructivo**. Estudo de caso da “Casa Branca” do Museu Paulista, 2017. Relatório técnico apresentado como requisito para finalização da disciplina “Análise do Desempenho técnico-constructivo e da qualidade de edifícios no Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo, 2017.

VASCONCELLOS, C. D. M. Patrimonio, memoria y educación: una visión museológica. **Memoria y sociedad**, Bogotá, v. 17, n. 35, p. 94–105, jul./dez. 2013.

VEIGA, J. E. DA. O Âmago Da Sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 7–24, 2014.

ZANIRATO, S. H. Patrimônio cultural e sustentabilidade : uma associação plausível ? **Revista Confluências Culturais**, v. 5, n. 2, p. 200–211, set./ 2016.

ZANIRATO, S. H.; CAVICCHIOLI, A. Estratégias De Conservação Do Patrimônio Cultural Material. **Revista Memória em rede**, Pelotas, v. 3, n. 8, p. 1–15, jan./jun. 2013.

ZANIRATO, S. H.; RIBEIRO, W. C. Patrimônio cultural: a percepção da natureza como um bem não renovável. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 251–262, 2006.