Intervención

ENERO-JUNIO 2025
JANUARY-JUNE 2025

Revelando los secretos del clima amazónico en la conservación de colecciones: estudio de caso de la colección de artes de la Casa das Onze Janelas, Brasil

Go to English version

DOI: 10.30763/Intervencion.311.v1n31.90.2025 • AÑO 16, NÚMERO 31: 106-138

Postulado: 18.06.2024 • Aceptado: 14.03.2025 • Publicado: 01.07.2025

Bruna Maria Araújo de Melo Maranhão Maranhão
Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil
brunaraujomm@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3520-3725

Jéssica Tarine Moitinho de Lima
Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil
jessicatarine@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2481-1225

Sue Anne Regina Ferreira da Costa
Museo Paraense Emílio Goeldi, Brasil
suecosta@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3314-5148

Rosangela Marques Britto
Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil
rmb@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9458-3515

Corrección de estilo por Alejandro Olmedo

RESUMEN

Esta investigación examina los elementos ambientales cruciales para la conservación de colecciones. Se centra en la colección de Arte Contemporáneo de la Casa das Onze Janelas en Belém do Pará, Brasil. El objetivo es fomentar el análisis crítico y ofrecer conocimientos sobre los desafíos de preservación de esta colección en el clima amazónico. Los datos se recopilaron durante tres meses, utilizando registradores de datos y estaciones meteorológicas. Los resultados preliminares mostraron variaciones de temperatura y humedad, con temperaturas promedio y niveles de humedad que difieren ligeramente entre la Reserva Técnica Provisional y la Reserva de Artes Visuales. Dichos resultados enfatizan la necesidad de estrategias de conservación adaptadas a climas tropicales, destacando los desafíos únicos que se enfrentan para mantener condiciones estables para la preservación del arte en la región amazónica.

Intervención

ENERO-JUNIO 2025
JANUARY-JUNE 2025

PALABRAS CLAVE

preservación de colecciones, arte contemporáneo, conservación preventiva, región amazónica

INTRODUCCIÓN

Este artículo investiga la conservación de colecciones culturales en el desafiante clima amazónico, centrándose en el Espacio Cultural Casa das Onze Janelas (CCDJ) en Belém do Pará, Brasil. El estudio pone de relieve las estrategias y los retos de la conservación de las artes visuales en este clima único, contribuyendo a la comprensión y la mejora de la conservación del patrimonio artístico en la Amazonia.

Desde tal perspectiva, es crucial destacar varias instituciones clave fundamentales para la presente investigación. Empezando por el Sistema Integrado de Museos y Conmemoraciones (SIMC), establecido en el año 1999 por el Gobierno del Estado de Pará, como parte de la Secretaría Ejecutiva de Cultura del Estado de Pará (Silva, 2022, p. 8). Ese sistema fue diseñado con el objetivo de maximizar el potencial museológico del centro histórico de Belém. Su función es facilitar la integración de los museos y monumentos conmemorativos de la región (Maranhão y Britto, 2023, p. 2). Las instituciones vinculadas al SIMC son el Museo de Arte Sacro de Belém (MASB), Corveta Museu Solimões, Museu do Forte do Presépio o Museu do Encontro, Museu de Gemas do Pará, Memorial do Porto y Memorial da Navegação, el Museo de la Imagen y el Sonido de Belém, Museo del Estado de Pará, Museo Círio y Espacio Cultural Casa das Onze Janelas (Maranhão y Britto, 2023, p. 2; Britto y Borges, 2010, p. 162). Entre ellos, el Espacio Cultural Casa das Onze Janelas (CCDJ) y el Museo del Estado de Pará (MEP) serán objeto de un análisis más detallado.

Aunque el MEP cumple la función de museo histórico, al relatar tanto las transformaciones arquitectónicas de su edificio como la historia política de Pará (Leão, 2021, p. 7), también dedica una atención significativa a las artes visuales (Mokarzel, 2013, p. 106). A pesar de la aparente contradicción entre estas categorías institucionales, ambas se alinean con el modelo de organización de colecciones adoptado por el SIMC**,** una reserva técnica unificada en el MEP organizada en espacios con base en la tipología museológica. Esto aborda el desafío de que no todas las instituciones poseen espacio adecuado para la salvaguarda (Maranhão y Britto, 2023, p. 2).

El presente trabajo se centra en la relación entre las colecciones y la preservación, abarcando la conservación, la conservación preventiva y la restauración. El objetivo de la conservación es proteger el patrimonio preservando la esencia física y cultural de los objetos. La conservación preventiva utiliza métodos indirectos para evitar futuros deterioros sin alterar los materiales, mientras que la restauración consiste en modificar el aspecto de un objeto para devolverle su estado original (Lima y Granato, 2016, p. 462; Lima, 2017, p. 6). Un aspecto clave de la conservación preventiva es la evaluación del comportamiento y el control del entorno (Gühts y Carvalho, 2007, p. 36).

El estudio desarrollado se enfoca en el control ambiental como estrategia para mitigar los efectos adversos de los factores físicos, químicos, biológicos, antropogénicos y de catástrofes sobre las obras de arte (Teixeira y Ghizoni, 2012, pp. 15-16). Las medidas de control ambiental deben ser cuidadosamente planificadas y precedidas por un monitoreo ambiental, considerando las necesidades de la institución, las características de las colecciones y las posibilidades de inversión disponibles. La investigación destaca la escasez de literatura especializada en conservación en climas cálidos y húmedos, en contraste con la amplia atención prestada a los climas fríos y al soporte tecnológico avanzado en los contextos norteamericano y europeo (Corrêa, 2003, p. 10).

Este artículo tiene como objetivo contribuir al desarrollo del pensamiento crítico y difundir reflexiones importantes que se han tenido acerca de la conservación de colecciones de Arte Visual que se encuentran preservadas en un ambiente tan único como lo es el clima de la Amazonia. También busca comprender las dificultades específicas y las estrategias más eficientes que se necesitan para garantizar la integridad y la durabilidad de las obras de arte, El objeto de este estudio es promover avances en el área de Conservación de Arte Contemporáneo y funcionar como un pilar para las futuras generaciones en la preservación de este valioso patrimonio artístico.

MÉTODOS Y MATERIALES

El presente artículo llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura relativa a conservación de colecciones y control ambiental, con el fin de establecer una base de conocimientos y un contexto para el análisis de los datos (Lunetta y Guerra, 2023, p. 151). Dicha revisión también permitió identificar vacíos de conocimiento, señalando áreas que requieren una investigación más profunda

para la conservación de las Artes Visuales en el clima amazónico. Paralelamente, se recopilaron datos sobre la temperatura y la humedad relativa en los espacios monitoreados de la CCDJ. Las lecturas del macro y microambiente fueron realizadas mediante tres registradores de datos de los modelos HT-70 y HT-900, respectivamente; para el ambiente externo, se utilizaron datos del Instituto Nacional de Meteorología (INMET, por sus siglas en portugués). La recolección de datos efectuada por los dispositivos consistió en el registro de mediciones de temperatura y humedad relativa durante un periodo de cuatro meses, de julio a octubre de 2023, con una frecuencia de una medición por hora, con el objetivo de obtener datos diarios completos.

Reconocemos que el periodo de recolección de datos es limitado. No obstante, este conjunto de datos representa la información actualmente disponible, y consideramos que los análisis preliminares son tan significativos como los definitivos. Estos hallazgos iniciales ofrecen una comprensión básica que servirá de guía para futuros estudios más exhaustivos.

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando un enfoque integral de estudio de caso, considerando metodologías tanto cuantitativas como cualitativas. Este método permite una investigación profunda de fenómenos complejos dentro de una institución, comunidad o individuo (Lunetta y Guerra, 2023, p. 156). El análisis se llevó a cabo en tres etapas, cada una centrada en entornos específicos. En primer lugar, se evaluó la Reserva Técnica Provisional (RT Provisional), incluyendo su microambiente. A continuación, se abordó la Reserva Técnica de Artes Visuales (RT de Artes Visuales), en la cual también se examinó un microambiente particular. Para cada uno de los espacios de colección, se realizaron ciertos análisis específicos:

1. Tendencia y patrones: Se calcularon los valores media o mediana, así como la variación de la temperatura y la humedad relativa. La elección entre media y mediana depende de los valores atípicos y de la distribución de los datos. La mediana se utilizó para datos con muchos valores atípicos o distribución asimétrica, mientras que la media se utilizó para datos simétricos con pocos valores extremos, proporcionando una representación adecuada de la tendencia central (Bonamente, 2017, p. 109). Las medianas son especialmente útiles para minimizar el impacto de valores atípicos como picos de temperatura o humedad. Estos valores son esenciales para el siguiente paso.

2. Comparación con datos ideales de conservación: El análisis de los datos se realizó utilizando los valores ideales previamente

mencionados. Como se muestra en la Figura 1, el promedio recomendado para una Reserva Técnica es una temperatura entre 17.8°C y 21.9°C y una humedad relativa entre 40.4% y 59%. Para Belém, la temperatura media de conservación está entre 28.91°C y 31.59°C, con humedad relativa entre 50.59% y 61.21%, según lo establecido por Bianca Vicente (2016, pp. 43-48). Esta etapa tiene como objetivo determinar si son necesarias nuevas metodologías de control ambiental o si la actual es eficaz.

	Material(es)	Temperatura	Humedad relativa	Referencia
Materiales orgánicos	Pintura acrílica/ al óleo	16°C - 25°C	35% - 65%	Hartin; Baker, 2018
	Acuarela	10°C - 25°C (papel)	>65% - 75% <90% crítico	Guild, 2018
	Papel	19°C - 23°C 20°C - 22°C	50 y 60% 45 y 60%	Mello; Santos, 2004, p. 8. Teixeira; Ghizoni, 2012, p. 41
	Fotografía	Evitar altas temperaturas	30 y 45%	Teixeira; Ghizoni, 2012, p. 45
	Fibras vegetales	> 30°C	40% - 65%	Mason, 2018 Dancause; Wagner; Vuori, 2018
	Fibras animales	< 35°C	> 65%	Dignard; Mason, 2018
	Madera	25°C - 30°C	>20%	Gonzaga, 2006
	Textiles / telas	18 °C - 22°C	40 e 60%	Teixeira; Ghizoni, 2012, p. 55
Materiales inorgánicos	Metales	-	35 e 55%	Froner, Souza, 2008, p. 6
	Rocas y minerales	15 - 20°C	50% - 55%	Western Australian Museum, s.f.
	Vidrio	18°C - 21°C	<40%	Teixeira; Ghizoni, 2012, p. 65 Fahey; s.f.
	Cerámica / porcelana	18°C - 21°C	65% - 75% 45% - 55%	Logan; Grant, 2018 Fahey; s.f.

Figura 1. Parámetros utilizados en la preservación y control ambiental según los materiales presentes en los bienes culturales analizados (Fuente: tabla elaborada por las autoras, 2023).

3. Variaciones de los datos: Las variaciones en la temperatura y la humedad relativa se cuantificaron mediante el cálculo de la diferencia entre los valores máximos y mínimos del conjunto de datos. Este procedimiento permite visualizar los niveles de fluctuación durante el periodo analizado. El cálculo de estas variaciones es crucial para identificar patrones y anomalías, como cambios estacionales o alteraciones climáticas. Por ejemplo, las variaciones inusuales pueden indicar periodos de sequía u olas de calor.

4. Relación inversa entre temperatura y humedad relativa: Se analizó la asociación entre los datos con el objetivo de identificar una relación inversamente proporcional, en la cual un aumento de la temperatura incrementa la capacidad del aire para retener humedad, mientras que temperaturas más bajas tienden a hacer el aire más seco (Andrade y Cavicchioli, 2021, p.19). Esta dinámica es típica de la región norte de Brasil, caracterizada por un clima cálido y húmedo. Comprender esta relación es crucial para la conservación museológica, ya que las medidas adoptadas para controlar una variable pueden afectar inversamente a la otra. Por ejemplo, calentar una sala para reducir la humedad puede secar el aire, dañando potencialmente ciertos materiales. Reconocer esta relación inversa contribuye a controlar eficazmente el entorno con fines de conservación.

5. Constancia de los niveles de temperatura y humedad: La constancia de los datos fue analizada mediante el uso de la desviación estándar, con el propósito de comprender la variación ambiental. La desviación estándar, como medida de dispersión, permite evaluar el grado de consistencia en las condiciones de temperatura y humedad. Asimismo, se aplicó el método de detección de valores atípicos basado en el Rango Intercuartílico (RIQ) (Vinutha, Poornima y Sagar, 2018, p. 514). Los valores que se encontraban a más de dos o tres desviaciones estándar del promedio fueron considerados atípicos. El RIQ, como medida de dispersión estadística, facilita la comprensión de la variabilidad de los datos en torno a la mediana e identifica valores inusualmente altos o bajos.

Este enfoque nos permitió examinar los valores numéricos de temperatura y humedad, al tiempo que comprendimos los matices y contextos que los rodean. Esto proporcionó una visión integral de las condiciones ambientales y su interacción con la conservación del arte contemporáneo. A partir de los resultados obtenidos y su comparación con la bibliografía especializada, fue posible delinear discusiones fundamentadas y enriquecedoras.

ANTECEDENTES

Creado en 2002, el museo Casa das Onze Janelas de Belém do Pará, Brasil, se ha convertido en una referencia para la región Norte, promoviendo el arte local y brasileño. Desempeña un papel fundamental en la escena artística local, al apoyar la investigación, la educación, la conservación y la documentación museológica (Mokarzel, 2013, p. 106).

Dada la relevancia de este patrimonio artístico-cultural, la preservación trasciende la mera salvaguarda de los valores culturales. Implica también la interpretación de significados, tanto físicos como intangibles, así como el análisis de la cultura y sus dimensiones económicas. Una vez que la sociedad reconoce el valor de un objeto, su preservación se convierte en un imperativo, encomendado a instituciones como archivos, bibliotecas y museos (Carvalho, 1997, p. 1). La Conservación Preventiva y el Control Ambiental son fundamentales para el cumplimiento de la misión preservacionista y comunicacional de la Casa (Corrêa, 2003, p. 1). Antes de proceder al análisis de los datos recopilados, se abordarán factores pertinentes como el clima de Belém, el comportamiento del edificio, la organización de los espacios de almacenamiento, la caracterización de la colección, los problemas de degradación y el sistema de monitoreo.

Antes de abordar el análisis de la colección, es necesario examinar el clima y el comportamiento del edificio. Gran parte del territorio brasileño, incluida la ciudad de Belém, en el estado de Pará, se caracteriza por un clima cálido y húmedo. A lo largo de los últimos cien años, el clima de Belém ha presentado temperaturas constantemente elevadas, altos niveles de humedad y lluvias intensas, especialmente en los meses de diciembre a mayo, sin estaciones claramente definidas (Bastos *et al.*, 2002, p. 12). Los datos recolectados por la estación automática de Belém (A201) - PA, operada por el INMET, en el periodo comprendido entre el 19 de julio y el 24 de octubre, indican una temperatura media de 28.55 °C y una humedad relativa promedio del 77 %. Estos valores resultan inadecuados al ser comparados con los parámetros establecidos, de manera generalizada, para la conservación de colecciones, cuyo estándar más difundido oscila entre los 20 °C y 25 °C, y entre el 65 % y 70 % de humedad relativa (Souza, 2008, p. 6).

Por lo tanto, los edificios que albergan colecciones patrimoniales deben establecer sistemas de control ambiental que permitan ajustar la temperatura y la humedad de acuerdo con sus necesidades específicas, de manera sostenible para las instituciones. Cuando no se cumplen las normas, las instituciones ubicadas en zonas tropicales húmedas suelen recurrir a sistemas restrictivos de control ambiental, como aires acondicionados y deshumidificadores. Dichos sistemas han sido objeto de críticas debido a su susceptibilidad a fallas, interrupciones en el funcionamiento y baja sostenibilidad, asociada a los elevados costos de operación y mantenimiento (Maekawa y Toledo, 2001, p. 1). Este es el caso del MEP,

encargado de resguardar la colección artística de la CCDJ, el cual enfrenta diversos desafíos en su gestión.

La humedad relativa afecta la preservación de manera distinta según el tipo de objeto, influyendo en la velocidad de las reacciones químicas y alterando propiedades físicas como el tamaño, la resistencia y la rigidez (Erhardt y Mecklenburg, 1994, p. 1). Belém presenta una variación de temperatura mínima, pero con niveles constantemente elevados de humedad y precipitaciones significativas, especialmente entre los meses de diciembre a mayo. Estas condiciones dificultan el mantenimiento de ambientes interiores estables, esenciales para la conservación de las colecciones. La persistencia de altos niveles de humedad y temperatura favorece la proliferación de moho y hongos, además de acelerar la degradación de los materiales, por lo que es necesario disponer de sólidos sistemas de control ambiental en el museo.

Para enfrentar estos desafíos, es necesario presentar el espacio de resguardo. El MEP se encuentra ubicado en el Palácio Lauro Sodré, un edificio histórico inaugurado en 1771 (Miranda *et al.*, 2023, p. 222), en el barrio de Cidade Velha, parte del centro histórico de Belém, cerca de zonas boscosas (Maranhão y Britto, 2023, p. 7). El edificio sigue la arquitectura civil colonial portuguesa del siglo XVIII, caracterizada por muros macizos y gruesos, así como techos altos o abovedados (Figueiredo *et al.*, 2018, p.28). Marina Ribeiro señala que las construcciones históricas actúan como filtros entre los ambientes externos e internos gracias a sus características estructurales (2009, p. 403). Sin embargo, el MEP presenta comportamientos particulares, probablemente atribuibles al uso histórico de mortero de cal en paredes y pisos de ladrillo, los cuales poseen baja inercia térmica e hidráulica. La mayoría de los materiales de construcción empleados tienen una alta capilaridad, lo que permite que la humedad penetre en las paredes e influya en el microclima interior (Gewehr, 2004, p. 36).

El grosor de las paredes, que alcanza hasta 36 centímetros, desempeña un papel crucial en el comportamiento térmico, como señala Ribeiro (2009, p. 408). Esta técnica de construcción, orientada a la durabilidad, no contemplaba el intercambio de calor y humedad. Los materiales porosos facilitan la influencia del ambiente externo, mientras que las paredes gruesas generan inercia térmica. Las fluctuaciones de temperatura y humedad pueden dañar las obras de arte a través de alteraciones en su tamaño y biodegradación (Gühts y Carvalho, 2007, p. 32). Una alta humedad relativa ablanda el pegamento de las pieles, mientras que niveles bajos provocan la contracción y el endurecimiento de los materiales,

aumentando su sensibilidad a fracturas (Erhardt y Mecklenburg, 1994, p. 3). El control climático en edificios históricos adaptados a funciones museológicas requiere un enfoque particular debido a sus limitaciones físicas y estructurales (Toledo, 2003). El clima de Belém hace que resulte inviable depender exclusivamente de aire acondicionado y deshumidificadores, ya que su alto rendimiento implica un aumento en los costos.

La Reserva Técnica del MEP tiene una disposición rectangular, que comprende salas administrativas, áreas de almacenamiento, salas de exposición y laboratorios de investigación. Los espacios de resguardo monitoreados son la Reserva Técnica de Artes Visuales (RT de Artes Visuais en portugués) y la Reserva Técnica Provisional (RT Provisória en portugués), ambas ubicadas en la planta baja. La RT de Artes Visuales se encuentra dividida en tres salas, siendo la sala central el área principal. Esta fue acondicionada para acoger la colección de la Casa, con un espacio optimizado tras la construcción de un entrepiso. El mobiliario incluye estanterías cerradas y abiertas, armarios para mapas y estantes para pinturas. Se encuentran ocho ventanas: dos en la sala izquierda, tres ventanas y una puerta en la zona central, y tres ventanas y dos puertas en la sala derecha. Todas las ventanas permanecen cerradas.

La RT Provisional funciona como espacio de trabajo para los profesionales de Conservación y Restauración. Ante la ocupación total de la RT de Artes Visuales, parte de las colecciones fue trasladada a esta área, lo que requirió la incorporación de mobiliario adaptado, como estanterías (Figura 2e), planeras (Figura 2f) y andamios para objetos de gran tamaño. Este mobiliario se encuentra prácticamente completo, lo que dificulta la incorporación de nuevas adquisiciones. El espacio, que cuenta con dos accesos, se conecta con la sala de acciones de proyectos, la sala de reuniones de la Coordinación de Preservación, Conservación y Restauración, y un cuarto restringido destinado al sistema eléctrico. Dispone de ocho aberturas: seis ventanas y dos puertas, todas las ventanas son de madera, lo que permite la circulación de aire.

Las medidas de control tienen como objetivo minimizar los daños a las colecciones y obras de arte, muchas veces sin implicar una carga financiera significativa (Souza, 2008, p. 21). En el MEP, el sistema de control ambiental combina el uso de aire acondicionado con deshumidificadores. Los equipos de aire acondicionado, instalados hace más de diez años, presentaron fallas durante el primer semestre de 2023, pero volvieron a operar con normalidad en julio, tras la implementación de medidas correctivas exitosas. En ese mismo año, se instalaron nuevos deshumidificadores en las



Figura 2. Compilación de fotografías del mobiliario en los espacios monitoreados. *A)* Estantes de RTAV cerrados. *B)* Estantes de RTAV abiertos. *C)* Estantes de RTAV. *D)* Estante abierto de la RT Provisional. *E)* Andamiaje adaptado de la RT Provisional. *F)* Armarios para mapas de la RT Provisional, mismo modelo utilizado en RTAV (Fotografías: por las autoras, 2023).

salas de almacenamiento de la colección. Tal sistema está diseñado para funcionar diariamente, como se ilustra en la Figura 3.

Ese método de control ambiental es ampliamente utilizado en climas cálidos y húmedos con el objetivo de alcanzar niveles de temperatura y humedad similares a los de regiones templadas (Maranhão & Britto, 2023, p. 11; Ribeiro, 2009, p. 407). Sin embargo, los fallos en los equipos pueden causar fluctuaciones significativas que comprometen la estabilidad ambiental. Para mitigar estos efectos, es fundamental que las instituciones desarrollen un plan de monitoreo de control ambiental que respalde la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo.

Actualmente, el monitoreo se realiza de manera esporádica mediante termo-higrómetros que registran la temperatura y la humedad, pero que carecen de capacidad para almacenar datos. El registro manual presenta dificultades debido a los horarios laborales irregulares, lo que genera vacíos en la recolección de datos durante fines de semana y días festivos. Para lograr una captura de datos consistente, se recomienda realizar registros al menos

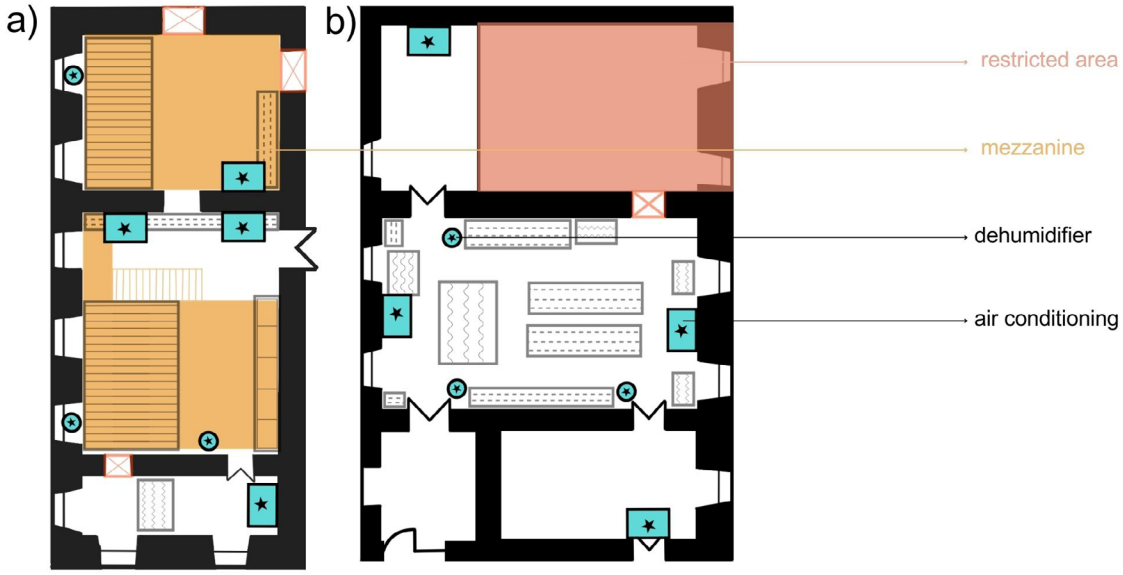


Figura 3. Dibujo ilustrativo de la posición del equipo de control ambiental en los espacios monitoreados. *A)* Reserva Técnica de Artes Visuales. *B)* Reserva Técnica Provisional (Fuente: elaborada por las autoras, 2023).

tres veces al día, a lo largo de todo el año, durante el periodo necesario para que los equipos estabilicen los valores. Este proceso puede optimizarse mediante la integración de lecturas internas y externas, o mediante el uso de dispositivos con almacenamiento automático, lo que reduce la necesidad de intervención manual.

El establecimiento de una planificación para el monitoreo ambiental resulta fundamental para el diseño de medidas de control. Según Souza, "el conocimiento del ambiente real de una colección solo es posible mediante el monitoreo y el registro de las condiciones ambientales" (2008, p. 7).[1] La efectividad del control ambiental implica etapas como el monitoreo, la caracterización y la evaluación, que resultan en un informe específico para el plan de control ambiental (Souza, 2008, p. 7). Estas etapas se presentan en los resultados y discusiones del presente estudio de caso.

Souza también destaca que "La complejidad de los materiales y las combinaciones de los objetos del museo están directamente relacionadas con su comportamiento en relación con las variaciones de las condiciones ambientales" (2008, p. 4).[2] Esta observación resulta pertinente para la colección de Artes Visuales resguardada en la RT del MEP, la cual reúne una amplia diversidad de materiales,

[1] Traducción editorial.
[2] Traducción editorial.

dimensiones y técnicas, reflejando aportes artísticos tanto locales como nacionales. No obstante, dicha diversidad representa importantes desafíos de conservación, especialmente en el contexto del clima amazónico. Para ilustrar la diversidad de la colección de la Casa, se realizó una clasificación de los materiales de tres colecciones,[3] dividiéndolos en dos categorías: materiales orgánicos e inorgánicos. Entre los materiales orgánicos se incluyen pintura, papel, fotografía, madera, textiles y otros (como cera, caucho y pigmento terroso con resina acrílica). Los materiales inorgánicos comprenden minerales, vidrio, cerámica, metales, plástico y otros (como tubos de óleo, esferas de espuma y letreros luminosos). Esta clasificación sigue las recomendaciones de Teixeira y Ghizoni (2012, p. 16).

Determinar la humedad relativa óptima para la preservación de bienes culturales es una tarea compleja, ya que su ajuste puede reducir los daños en un aspecto, pero incrementarlos en otro (Erhardt y Mecklenburg, 1994, p. 3). La colección cuenta con 213 piezas compuestas por materiales orgánicos y 839 por materiales inorgánicos. El análisis realizado confirma los hallazgos obtenidos en la revisión bibliográfica, los cuales se sintetizan en la Figura 1, donde se evidencia una carencia de literatura actualizada sobre valores de conservación adecuados para diferentes climas.

De acuerdo con Guimarães y Beck (2007, p. 31), las temperaturas elevadas aceleran los procesos de degradación. Los autores señalan que, a 25 °C y con una humedad relativa del 70 %, un bien patrimonial ya presenta signos de degradación química en un periodo de 14 años. Sin embargo, la diversidad de materiales presentes en la Reserva Técnica plantea importantes desafíos en cuanto al control ambiental. En un escenario ideal, cada tipo de material requeriría condiciones ambientales específicas; no obstante, la creación de múltiples reservas especializadas resulta inviable debido a las limitaciones de recursos. Por ello, se recurre al uso de promedios generales de condiciones ambientales como parámetro de evaluación, con el objetivo de encontrar soluciones pragmáticas.

Para fines comparativos, se consideraron los valores establecidos por Guimarães y Beck (2007, p. 31), así como los presentados en la Figura 1. A partir de ello, se definió un parámetro para los materiales orgánicos, en el cual las condiciones ideales incluyen una temperatura media que no exceda los 23.1 °C ni sea inferior a los 18.6 °C, mientras que los niveles recomendados de humedad

[3] Las colecciones se titulan: FUNARTE, Fundo Z y Diario Contemporâneo de Fotografia.

relativa oscilan entre el 43.3 % y el 61.7 %. En contraste, los materiales inorgánicos requieren un intervalo de temperatura ligeramente inferior, con un promedio mínimo de 17 °C y un máximo de aproximadamente 20.7 °C, y un rango de humedad relativa entre el 37.5 % y el 56.3 %. Sin embargo, las dos Reservas Técnicas salvaguardan tanto materiales orgánicos como inorgánicos, por lo que se estableció un parámetro más amplio. Se estableció como promedio máximo recomendado de temperatura un rango entre 17.8 °C y 21.9 °C, mientras que, para la humedad relativa, los valores promedio ideales se sitúan entre el 40.4 % y el 59 %. Este parámetro permite gestionar de manera eficiente el ambiente de las Reserva Técnica, con el objetivo de beneficiar a la mayoría de los materiales almacenados, pese a las variaciones individuales en sus necesidades específicas de conservación.

Sin embargo, la región norte de Brasil presenta características específicas que hacen inviable la aplicación de los estándares convencionales de conservación. La mayoría de los estudios presentados en el cuadro no tienen en cuenta el clima amazónico, lo que pone de manifiesto la necesidad de una investigación orientada a la conservación en este entorno singular. Con el objetivo de establecer parámetros para la gestión sostenible y el control ambiental de las reservas técnicas en Belém, se adoptaron los aportes del estudio de caso realizado por Bianca Vicente en 2016, sobre el control ambiental de la Reserva Técnica Curt Nimuendajú del Museu Paraense Emílio Goeldi.

En esta investigación, la autora señala que, entre septiembre y octubre de 2014, la temperatura media fue de 30.25 °C, mientras que la humedad relativa se situó en un 55.90 %, con variaciones de 1.34 °C y 5.31 % respectivamente. El sistema de control ambiental utilizado en la Reserva Técnica Curt Nimuendajú se centra en el control de la humedad, con el propósito de contener la proliferación biológica en la colección. Se trata de un sistema de climatización alternativo que, si bien no alcanza los estándares establecidos por la literatura especializada en Conservación, ha permitido mantener la colección en buen estado de conservación.[4]

Thomson eligió una humedad relativa del 55 % como punto intermedio, equilibrando un límite superior de 65–70 % para evitar la

[4] Este sistema consiste en dos ventiladores sopladores que se encuentran fuera del edificio, que filtra aire dentro de la Reserva a través de dos ductos centrales en el techo de la sala. El aire circula por el espacio y sale por dos ductos que se encuentran en las paredes laterales, conectados a extractores de aire en la parte externa. Además, para reducir la humedad, el sistema activa ventiladores internos cuando la humedad relativa es menor en el área externa de la Reserva que aquella de la parte interna.

formación de moho y un límite inferior de 40–45 % para prevenir la degradación de materiales como la madera y el marfil. Subrayó la importancia de mantener una humedad relativa constante, aunque reconoció que existía evidencia limitada respecto al grado exacto de estabilidad necesario (Erhardt y Mecklenburg, 1994, p. 2). Por otro lado, los problemas de degradación observados en las colecciones del MEP están intrínsecamente vinculados a la inestabilidad de las condiciones ambientales a lo largo de los años. Cabe destacar que los materiales orgánicos, que constituyen la mayoría de la colección, son los más afectados. Los principales daños identificados en estas obras incluyen: manchas de humedad (Figura 4a, 4c), craquelado, pérdida de capa pictórica, así como la presencia y proliferación de microorganismos (Figura 4b).

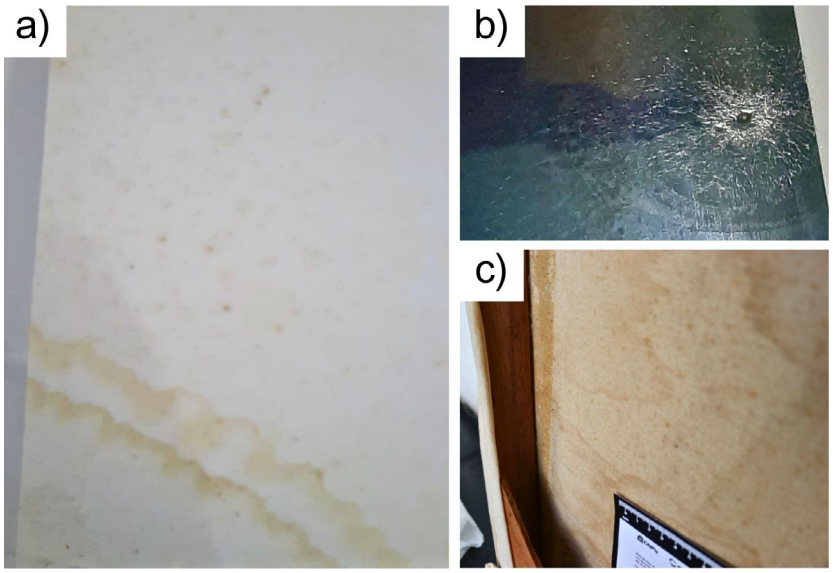


Figura 4. Compilación de fotografías de las obras de arte dañadas. *A)* Manchas de humedad. *B)* Crecimiento de microorganismos. *C)* Manchas de humedad y suciedad. (Fotografías: por las autoras, 2023).

Si bien no es posible afirmar que los daños observados provienen exclusivamente de las condiciones climáticas de los espacios de resguardo, las constantes variaciones de temperatura y humedad pueden agravar dichos deterioros. La relación directa entre las condiciones climáticas y el deterioro de los materiales refuerza la importancia de las estrategias de adaptación para la preservación en ambientes como el de la región norte de Brasil. Por lo tanto, los datos recolectados durante el monitoreo ambiental realizado en esta investigación permiten una evaluación fundamentada sobre la pertinencia de estos valores aplicados en el clima amazónico.

RESULTADOS Y DEBATES

La frecuencia en la recolección de datos ambientales es un factor crucial para comprender su impacto en los materiales preservados. El monitoreo ideal depende de variables como el tipo de colección, la disposición del museo y el clima regional, siendo recomendable el registro continuo para captar las fluctuaciones de temperatura y humedad (Michalski, 2007, p. 14). Estas variaciones pueden afectar de manera significativa a los objetos, lo que refuerza la necesidad de implementar un control ambiental efectivo. Si bien el monitoreo por sí solo no constituye una medida de control, proporciona datos diagnósticos fundamentales para el desarrollo de estrategias de preservación (Souza, 2008, p. 7). Herramientas automáticas y manuales, como los registradores de datos y los termo-higrómetros, contribuyen a mejorar la precisión de los registros, siendo los periodos prolongados de medición los que ofrecen una comprensión más profunda del comportamiento ambiental en los espacios museológicos.

En nuestro análisis, resulta fundamental considerar el impacto del clima regional sobre las condiciones internas del edificio. El clima exterior de Belém, caracterizado por elevadas temperaturas y altos niveles de humedad, influye significativamente en el ambiente interior de la Casa das Onze Janelas (CCDJ). Si bien los muros gruesos y las técnicas constructivas tradicionales ofrecen cierto amortiguamiento frente a las variaciones climáticas externas, también presentan desafíos para el mantenimiento de condiciones internas estables. La combinación de materiales con alta capilaridad y un espesor considerable de las paredes genera un intercambio dinámico con el entorno externo, lo que incide en los niveles de temperatura y humedad en el interior del edificio.

Adicionalmente, las especificaciones técnicas y el rendimiento de las unidades de aire acondicionado desempeñan un papel crucial en el control del clima interior. Los equipos presentaron fallas a lo largo del primer semestre de 2023, probablemente debido a su antigüedad, superior a una década, lo que contribuyó a las fluctuaciones en temperatura y humedad dentro de los espacios monitoreados. La reciente instalación de nuevos deshumidificadores busca mitigar tales desafíos; sin embargo, el monitoreo continuo y el mantenimiento periódico son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo del sistema. Considerando esos factores, nuestro análisis preliminar resalta la importancia de comprender tanto el clima regional como los sistemas estructurales y mecánicos del edificio para interpretar adecuadamente las condiciones ambientales internas.

Los datos cuantitativos evidencian el impacto significativo del clima regional sobre las condiciones internas de la CCDJ. La información climática externa, recopilada por la estación automática de Belém (A201), operada por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET), entre el 19 de julio y el 24 de octubre, indica una temperatura media de 28.55 °C y una humedad relativa promedio del 77 %. Estas condiciones externas contrastan marcadamente con los parámetros recomendados para la conservación, que oscilan entre los 20 °C y 25 °C de temperatura, y entre el 65 % y el 70 % de humedad relativa. En el interior, la Reserva Técnica Provisional registró una temperatura media de 23.72 °C y una humedad relativa del 69.37 %, con un 79 % de las lecturas de temperatura y un 98 % de las lecturas de humedad fuera de los rangos considerados ideales.

De manera similar, la Reserva Técnica de Artes Visuales registró una temperatura media de 24.33 °C y una humedad relativa de 70.92 %, con el 100 % de las mediciones de humedad y el 90 % de las mediciones de temperatura por encima de los límites recomendados. Las fallas en los sistemas de aire acondicionado, especialmente a comienzos de septiembre, agravaron aún más estas condiciones, contribuyendo a variaciones de temperatura de hasta 9.4 °C y fluctuaciones de humedad del 27.4 %. Estos datos subrayan la profunda influencia del clima externo y de la higroscopicidad de los materiales constructivos del edificio. En ese contexto, el funcionamiento eficiente de los sistemas de climatización asume un papel crucial para mantener condiciones ambientales internas estables, fundamentales para la preservación adecuada de la colección.

Los primeros datos analizados corresponden a la Reserva Técnica Provisional y su microambiente. En el primer periodo (Figura 5a), el datalogger HT-91 registró datos del macroambiente desde una estantería. En el segundo periodo (Figura 5b), el equipo HT-91 fue reubicado en otra estantería, más próxima a la entrada principal de la Reserva Técnica Provisional. El datalogger HT-900 fue instalado dentro del archivador plano el 6 de septiembre.

El almacenamiento cerrado (planero) mostró un efecto amortiguador notable sobre la temperatura y la humedad relativa, lo que resalta la importancia del diseño del mobiliario en el control ambiental. El planero, fabricado en metal sólido y con un diseño hermético, contribuye a mitigar las fluctuaciones de las condiciones ambientales externas. Este efecto amortiguador fue evidente en las condiciones más estables registradas dentro del mueble, con una temperatura media de 24.10 °C y una humedad relativa

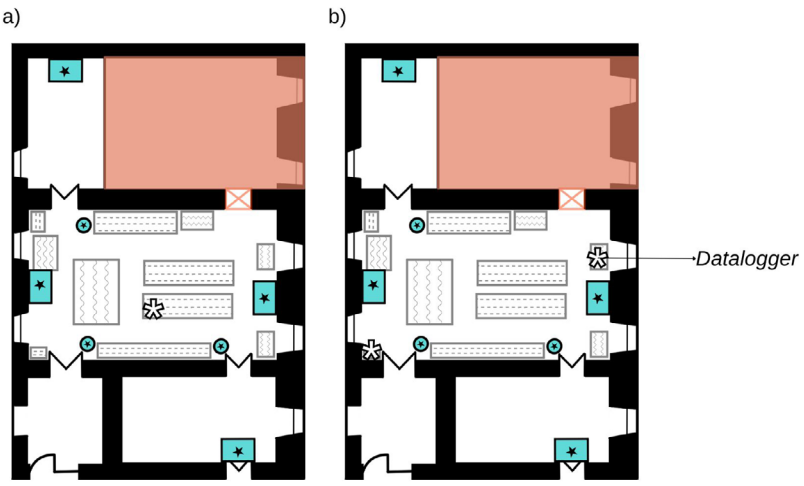


Figura 5. Plano del piso que ilustra la posición del equipo de control ambiental y monitoreo en la Reserva Técnica Provisional. *A)* Ubicación durante el primer periodo. *B)* Ubicación durante el segundo periodo (Fuente: elaborada por las autoras, 2023).

promedio del 63.10 %. A pesar de la elevada humedad general en la sala, el archivador proporcionó un microambiente relativamente estable, con una variación térmica de 8.4 °C y una oscilación de humedad del 20.80 %.

Los materiales de construcción y el diseño del archivador contribuyen a esta estabilidad al reducir el impacto de los cambios bruscos en el entorno externo, proporcionando así un entorno más controlado para los objetos almacenados. Además, la colección resguardada en este mobiliario está compuesta íntegramente por obras en papel. Las variaciones de temperatura y humedad pueden estar relacionadas con la capacidad de este material para absorber humedad; sin embargo, debido al material y al diseño del archivador, se sugiere que dichas variaciones ocurren principalmente durante su manipulación, cuando los cajones posiblemente permanecen abiertos durante cierto periodo. Esta posibilidad representa un factor que dificulta la estabilidad del microclima interno del archivador plano.

El sistema rotativo del macroambiente se segmentó en dos periodos: el primero se extendió del 19 de julio al 6 de septiembre, y el segundo, del 6 de septiembre al 1.º de diciembre, tal como se muestra en la Figura 6. Entre el 7 de julio y el 24 de octubre, se registraron 2 339 mediciones en la Reserva Técnica Provisional (RT Provisional). El análisis del ambiente de la RT Provisional se realizó con base en los gráficos de la Figura 6 A y B, así como en los datos recolectados, centrándose en el promedio como indicador de tendencia y patrón.

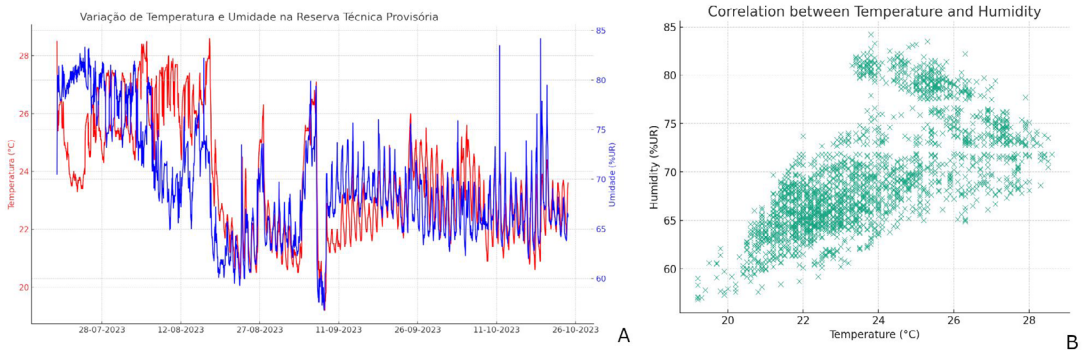


Figura 6. Datos recolectados en la Reserva Técnica Provisional. *A)* Variación en temperatura (en rojo) y humedad (en azul) durante el periodo registrado. *B)* Gráfico de dispersión con correlación entre temperatura y humedad. (Fuente: elaborada por las autoras, 2024).

La temperatura promedio registrada fue de 23.72 °C, un valor que supera el límite superior ideal de 21.9 °C, lo que indica que el ambiente tiende a ser más cálido de lo recomendado. Del mismo modo, la humedad relativa promedio fue de 69.37 %, superando también el límite superior ideal de 59 %, lo que sugiere una tendencia constante hacia niveles elevados de humedad relativa en el espacio. Al comparar los datos con los parámetros establecidos en la Figura 1, se identificó que 1 850 mediciones de temperatura y 2 303 mediciones de humedad relativa se encontraban fuera de los estándares ideales. En términos porcentuales, aproximadamente el 79 % de los registros de temperatura y el 98 % de los registros de humedad relativa no cumplieron con los criterios recomendados. Estos resultados indican una marcada tendencia al incumplimiento de los parámetros ideales en ambas variables, lo que refuerza la necesidad de optimizar el sistema de control de temperatura y humedad, o bien, estudiar la viabilidad de implementar otras soluciones técnicas para esta estrategia de conservación.

La comparación con los parámetros establecidos por Bianca Vicente (2016, p. 43), considerados adecuados para los espacios de almacenamiento museológico en Belém, también revela discrepancias significativas. En el análisis realizado, las 2 339 mediciones de temperatura y las 2 253 mediciones de humedad relativa se encontraron fuera de dichos estándares, lo que demuestra que el ambiente se mantiene de forma constante más frío y más húmedo que el modelo propuesto por la autora. Además, se observó una variación de 9.4 °C en la temperatura y del 27.4 % en la humedad relativa, lo que evidencia una mayor inestabilidad en las condiciones medidas. La relación inversa entre temperatura y humedad relativa presentó una correlación positiva moderada de 0.64, lo cual

resulta atípico, ya que generalmente se espera una correlación inversa entre estas dos variables.

Con respecto a la consistencia de los niveles de temperatura y humedad, el rango intercuartílico (RIQ) fue de 3.1 °C para la temperatura y de 7.8 % para la humedad relativa, con desviaciones estándar de 1.99 °C y 5.61 %, respectivamente. Estos valores reflejan una variación significativa en los datos, así como la presencia de valores extremos. Los límites para la identificación de valores atípicos se establecieron por debajo de los 17.45 °C y por encima de los 29.85 °C en el caso de la temperatura, y por debajo del 53.6 % y por encima del 84.8 % en el caso de la humedad relativa.

Dentro de la Reserva Técnica Provisional (RT Provisional), la recolección de datos del microclima se llevó a cabo en el interior de un gabinete para mapas. En este espacio, se registraron 1 203 mediciones entre el 6 de septiembre y el 24 de octubre de 2023. Durante el monitoreo, cabe destacar que entre los días 14 y 19 de septiembre se produjeron interrupciones en el registro de datos. Por lo tanto, dicho intervalo fue excluido del análisis.

El análisis de este microambiente se realizó con base en la Figura 7 A y B, así como en los datos recolectados, centrándose en la mediana como indicador de tendencia y patrón. La mediana observada fue de 24.10 °C para la temperatura y de 63.10 % para la humedad relativa. Estos valores indican que el interior del mobiliario tiende a presentar una temperatura superior a la recomendada, ya que la mediana excede el límite superior del rango ideal. Además, la humedad relativa supera con frecuencia el límite superior ideal del 59 %, lo que sugiere que, dentro del gabinete para mapas, generalmente se mantiene un nivel elevado de humedad.

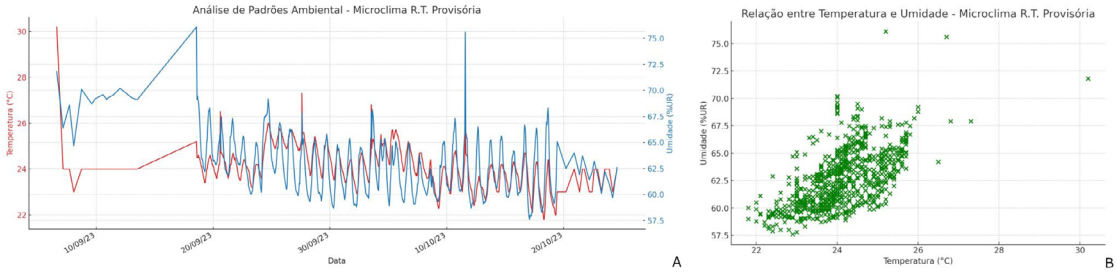


Figura 7. Datos del microambiente en la Reserva Técnica Provisional. *A)* La línea roja representa la temperatura (en grados Celsius). La línea azul representa la humedad relativa del aire (en %HR). *B)* Correlación entre temperatura y humedad. (Fuente: elaborada por las autoras, 2024).

Al comparar los resultados con la Figura 1, que define los estándares ideales, se constató que 1 201 mediciones de temperatura y 1 176 de humedad relativa se encontraban fuera de dichos parámetros. Casi el 100 % de las mediciones de temperatura y aproximadamente el 98 % de las mediciones de humedad relativa no cumplieron con estos criterios. Esto evidencia una predominancia de temperaturas y niveles de humedad por encima de lo ideal, lo que también sugiere la necesidad de ajustes en el control de temperatura y humedad. En comparación con los estándares establecidos por Bianca Vicente (2016, p. 43) para la ciudad de Belém, 1 202 mediciones de temperatura y 877 de humedad relativa también se encontraron fuera de estos parámetros. Las mediciones indicaron que el gabinete presenta de manera constante temperaturas más bajas y una humedad ligeramente superior en relación con el modelo propuesto por la autora. Esto señala la necesidad de realizar ajustes ambientales para alinear las condiciones del espacio con las características climáticas típicas de Belém.

La variación observada fue de 8.4 °C en la temperatura y de 20.80 % en la humedad, lo que indica una mayor estabilidad relativa en comparación con el macroambiente de la Reserva Técnica Provisional. Esto sugiere que los muebles cerrados presentan cierta resistencia a las variaciones de temperatura y humedad, y tienen el potencial de actuar como envolventes favorables para la conservación de las colecciones. Debido a la presencia significativa de valores atípicos, no se aplicó el método de análisis de la relación inversa entre temperatura y humedad relativa. El rango intercuartílico (RIQ) fue de 1 °C para la temperatura y de 4.4 % para la humedad relativa, mientras que las desviaciones estándar fueron de 0.86 °C y 3.23 %, respectivamente, lo que demuestra una mayor consistencia y estabilidad en las condiciones del microambiente analizado.

Al analizar los datos registrados para el microclima de la Reserva Técnica Provisional, se identificaron varios valores atípicos de temperatura y humedad en fechas específicas (Figura 8).

En la primera semana de septiembre, el sistema de aire acondicionado de esta área presentó múltiples fallas, lo que podría explicar la anomalía observada el día 6 de dicho mes. Ese día se registró un flujo significativo de personas en la Reserva Técnica Provisional entre las 14:00 y las 17:00 horas, seguido de una leve disminución de estas perturbaciones. Los días 6, 20 y 27 de septiembre, así como el 11 de octubre, fueron destinados a la remoción de los equipos de recolección de datos, lo que puede justificar la presencia de valores atípicos observados. En cuanto a los días 18 y

Temperatura atípica	Humedad relativa atípica
06/09/2023 14:57:27 30,2 06/09/2023 15:57:27 26,7 06/09/2023 16:57:27 26,9 06/09/2023 17:57:27 26,9 06/09/2023 18:57:27 26,8 06/09/2023 19:57:27 26,5	06/09/2023 15:57:27 77 06/09/2023 16:57:27 77,8 06/09/2023 17:57:27 78,4 06/09/2023 18:57:27 77,8 06/09/2023 19:57:27 77,2 06/09/2023 20:57:27 75,3 06/09/2023 21:57:27 73,1
20/09/2023 15:01:26 26,5	-
27/09/2023 14:28:30 27,3	-
03/10/2023 12:53:13 26,8	-
11/10/2023 13:56:48 26,7	11/10/2023 13:56:48 75,6
18/10/2023 05:56:48 22 18/10/2023 06:56:48 21,8 18/10/2023 07:56:48 21,8	18/09/2023 13:59:03 76,1
19/10/2023 06:56:48 22 19/10/2023 07:56:48 22	-

Figura 8. Valores atípicos de temperatura y humedad relativa por fecha, hora y valor. (Fuente: autoras, 2023).

19 de octubre, no se identificaron explicaciones concluyentes para las anomalías registradas, aunque se descartó el movimiento de mobiliario como causa. En cambio, se consideró más probable un aumento en las interrupciones eléctricas o fallos en los sistemas de control ambiental durante ese periodo.

La Mapoteca es el espacio donde se resguarda la mayoría de las obras sobre papel, las cuales se encuentran embaladas en sobres de papel. Esto genera un gran volumen de materiales hidrofílicos, lo que puede justificar los valores de humedad registrados en este microclima. La Reserva Técnica de Artes Visuales (RT de Artes Visuales) funciona como el área principal de resguardo de la colección de Artes Visuales de la Casa. El sistema rotativo del macroambiente se segmentó en dos fases: la primera abarcó del 19 de julio al 9 de septiembre, y la segunda se extendió del 9 de septiembre al 1 de diciembre, tal como se ilustra en la Figura 9.

En el primer periodo (Figura 9a), el datalogger HT-91 registró datos del macroambiente desde la parte superior del gabinete, mientras que el datalogger HT-900 fue ubicado en el interior del mismo mueble. En el segundo periodo (Figura 9b), el equipo HT-91 fue

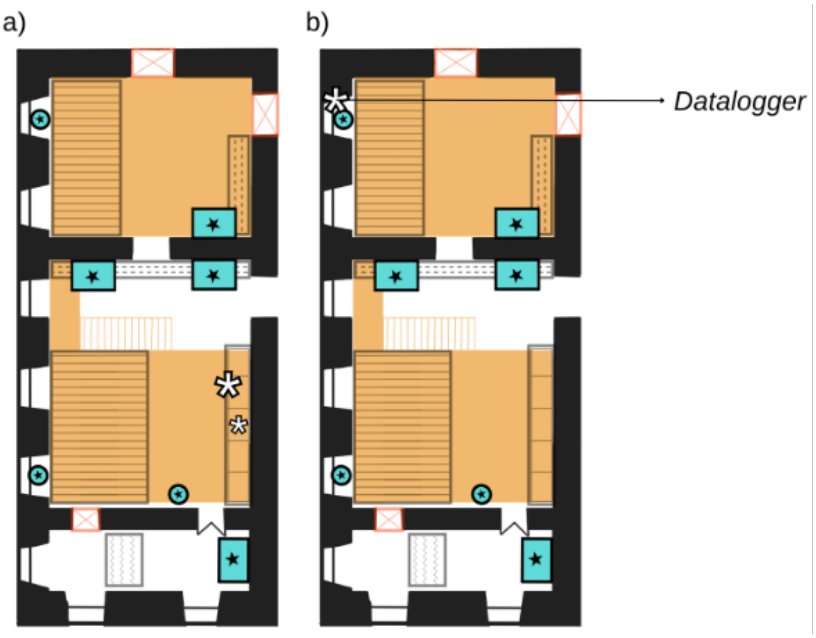


Figura 9. Plano del piso que ilustra la posición del equipo de control ambiental y monitoreo en la Reserva Técnica de Artes Visuales. *A)* Ubicación durante el primer periodo. **B)** Ubicación durante el segundo periodo (Fuente: elaborada por las autoras, 2023).

reubicado detrás de los estantes, cercano a un deshumidificador, mientras que el datalogger HT-900 comenzó a recolectar datos del microambiente desde otro espacio de almacenamiento hacia el final de este periodo. Entre el 19 de julio y el 25 de octubre, se tomaron 2 340 mediciones en la RT de Artes Visuales (Figura 10).

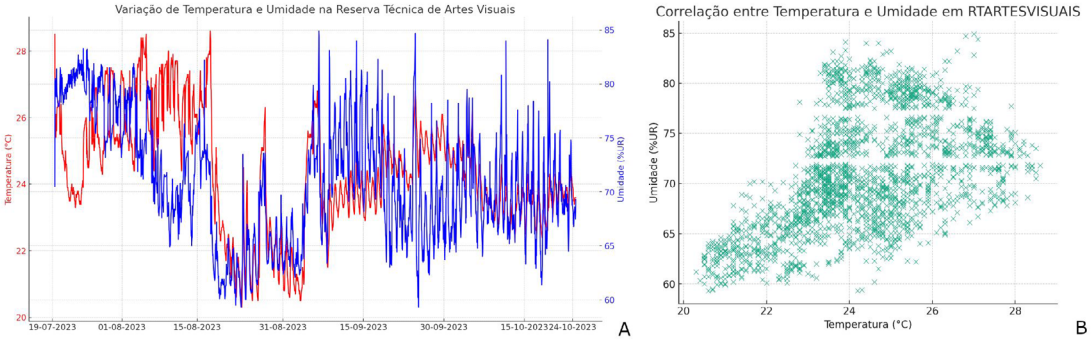


Figura 10. Datos de la Reserva Técnica de Artes Visuales. *A)* La temperatura (en rojo a la izquierda) muestra cómo varió la temperatura durante el periodo registrado. La humedad (en azul a la derecha) muestra la variación de la humedad durante el mismo periodo. *B)* Correlación entre temperatura y humedad (Gráfico: elaborado por las autoras, 2023).

El análisis de ese ambiente se llevó a cabo con base en la Figura 10 A y B y en los datos recolectados, centrándose en el promedio como indicador de tendencia y patrón. La temperatura promedio registrada fue de 24.33 °C, superando el límite superior del rango ideal, lo que sugiere que la sala se encuentra, en general,

más cálida de lo recomendado. Asimismo, la humedad relativa promedio fue de 70.92 %, excediendo significativamente el límite superior considerado ideal, lo que indica que el ambiente presenta con frecuencia un nivel de humedad consistentemente elevado. Al analizar los datos de la Figura 1, que define los estándares ideales, se observó que las 2 340 mediciones de humedad y 2 112 mediciones de temperatura se encontraban fuera de estos parámetros. Esto significa que el 100 % de las mediciones de humedad y aproximadamente el 90 % de las mediciones de temperatura no cumplieron con los criterios ideales, lo que resalta el desafío constante de mantener la sala dentro de los parámetros deseados, evidenciando una tendencia hacia temperaturas y niveles de humedad superiores a los recomendados.

Además, al comparar estos resultados con los valores de investigaciones realizadas en Belém, como la de Bianca Vicente (2016, p. 43), se constató que todas las mediciones de temperatura y humedad también se encontraban fuera del estándar establecido. Esto indica que la Reserva Técnica de Artes Visuales (RT de Artes Visuales) presenta condiciones consistentemente más frías y húmedas que el modelo propuesto para la ciudad de Belém, lo que refuerza la necesidad de realizar ajustes en los sistemas de control de temperatura y humedad.

La variación observada fue de 8.3 °C para la temperatura y de 25.6 % para la humedad, lo que evidencia variaciones significativas en las condiciones registradas. La relación inversa entre temperatura y humedad relativa mostró una correlación positiva moderada de 0.49. El rango intercuartílico (RIQ) fue de 2.2 °C para la temperatura y de 8.35 % para la humedad, con desviaciones estándar de 1.73 °C y 5.63 %, respectivamente, lo que refleja una variación moderada. En el interior de la RT de Artes Visuales, la recolección de datos del microambiente se realizó dentro de un armario. En este espacio confinado se documentaron 1 184 mediciones entre el 19 de julio y el 6 de septiembre de 2023.

El análisis de este microambiente se llevó a cabo con base en la Figura 11 A y B y los datos recolectados, enfocándose en el promedio como indicador de tendencia y patrón. La temperatura promedio registrada en el microambiente fue de 26.11 °C, un valor significativamente superior al límite ideal superior, lo que indica que tiende a ser sistemáticamente más cálida de lo recomendado. Simultáneamente, la humedad relativa promedió un 71.46 %, superando considerablemente el límite ideal superior, lo que sugiere que el ambiente mantiene un nivel de humedad persistentemente elevado. Al analizar los datos presentados en la Figura 1, se

constató que las 1 184 mediciones de temperatura y humedad se encontraban fuera de los estándares ideales. Esto pone de manifiesto el desafío continuo de mantener el microambiente dentro de los límites recomendados, con una marcada tendencia hacia temperaturas y niveles de humedad superiores a los ideales.

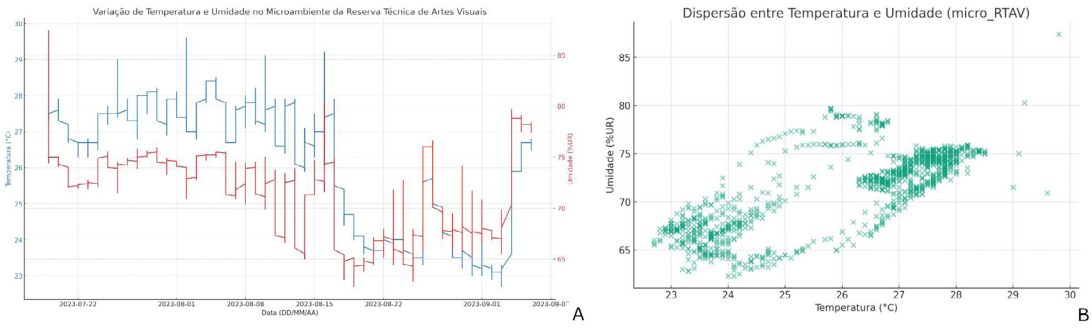


Figura 11. Datos del microambiente en la Reserva Técnica de Artes Visuales. *A)* La temperatura (en rojo a la izquierda) muestra cómo varió la temperatura durante el periodo registrado. La humedad (en azul a la derecha) muestra la variación de la humedad durante el mismo periodo. *B)* Correlación entre temperatura y humedad (Gráfico: elaborado por las autoras, 2023).

En comparación con los parámetros establecidos por Vicente (2016, p. 43) para la ciudad de Belém, se observó que 1 179 mediciones de temperatura y la totalidad de las 1.184 mediciones de humedad también se encontraban fuera del estándar. Las mediciones indican que el microambiente se mantiene sistemáticamente más frío y húmedo que el modelo propuesto para Belém, lo que sugiere la necesidad de realizar ajustes en el control ambiental. La variación observada ascendió a 7.1 °C para la temperatura y 25.1 % para la humedad, lo que evidencia fluctuaciones significativas en los datos de monitoreo. La relación inversa entre temperatura y humedad relativa presentó una correlación positiva moderada a fuerte, con un valor de 0.77. El rango intercuartílico (RIQ) fue de 3.33 °C para la temperatura y de 6.7 % para la humedad, con desviaciones estándar de 1.73 °C y 3.95 %, respectivamente, lo que refleja una variación de moderada a alta.

Para esta medición, se identificó un valor atípico de humedad relativa en el registro del 19 de julio a las 09:26:13, con un valor de 87.4%, sin que se hayan encontrado justificaciones que expliquen dicha desviación. Tanto la Reserva Técnica de Artes Visuales como la Reserva Técnica Provisional enfrentan desafíos significativos para mantener la temperatura y la humedad dentro de los estándares ideales. En ambas reservas, prevalecen condiciones de calor excesivo y alta humedad, lo cual puede resultar perjudicial

para materiales sensibles y afectar negativamente la conservación y la presentación de las obras de arte. Es fundamental implementar soluciones eficaces para el control del clima y la humedad que permitan crear un ambiente adecuado conforme a los estándares recomendados, tanto para Belém como para el resto de la bibliografía. Se observó que, particularmente durante la primera semana de septiembre, fallas en el sistema de aire acondicionado impactaron negativamente los registros de humedad. Por ello, el monitoreo continuo y los ajustes periódicos en los sistemas de control ambiental son esenciales para garantizar que se alcancen y mantengan las condiciones ideales que aseguren la integridad del patrimonio artístico.

CONCLUSIÓN

Este estudio investigó los materiales de la colección de Artes Visuales de la Casa das Onze Janelas y los resultados del monitoreo ambiental, revelando los desafíos para mantener la temperatura y la humedad debido a la complejidad del equipamiento y de los materiales. El calor excesivo, la alta humedad y las fluctuaciones constantes contribuyen a la degradación de las obras de arte. El estudio también pone de manifiesto la escasez de referencias específicas de conservación adaptadas a climas tropicales, particularmente en la región norte de Brasil.

Es evidente que existe un valioso cuerpo de conocimiento científico sobre Conservación Preventiva en Brasil; sin embargo, la mayoría de los estudios se concentran en las regiones sur y sudeste del país. Por ello, se optó por considerar la investigación desarrollada por Bianca Vicente (2016), en la cual la autora sostuvo que los valores registrados en la Reserva Técnica Curt Nimuendajú, a pesar de no ajustarse a los estándares convencionales, no comprometían la conservación de la colección. No obstante, al comparar los datos, se constató que ninguno de los niveles registrados en las Reservas Técnicas Provisional y de Artes Visuales, ni en sus respectivos microambientes, se encontró dentro de los parámetros adecuados.

Comprender estas características climáticas es esencial para interpretar los datos ambientales internos y desarrollar estrategias de conservación eficaces. Teniendo en cuenta estos factores, nuestro análisis preliminar resalta la importancia de comprender tanto el clima regional como los sistemas estructurales y mecánicos del edificio para una adecuada interpretación de las condiciones ambientales internas. Estos detalles técnicos son fundamentales para

una lectura precisa de los datos y subrayan la relevancia de contar con soluciones de almacenamiento adecuadas en los esfuerzos de conservación.

Los espacios destinados a la salvaguarda de la colección de Artes Visuales en la Casa das Onze Janelas enfrentan dificultades significativas para mantener la temperatura y la humedad dentro de los estándares ideales, ya sea debido a condiciones de calor excesivo y alta humedad, o a la complejidad de los materiales que componen la colección. Asimismo, el estudio reveló que las condiciones climáticas de Belém se caracterizan por temperaturas y niveles de humedad elevados. Esta realidad desafía los estándares convencionales de conservación y requiere ser estudiada en profundidad para la implementación de sistemas de control ambiental que respondan adecuadamente a las necesidades de las colecciones y de las instituciones responsables de su salvaguarda. El clima cálido y húmedo de la región, con variaciones significativas en la precipitación, difiere sustancialmente de los climas templados en los que se desarrollaron la mayoría de las directrices de conservación de colecciones.

Vale la pena reconocer las limitaciones de este estudio, las cuales reflejan la escasez de referencias actualizadas orientadas a entornos tropicales. No obstante, los resultados obtenidos ofrecen una base valiosa para investigaciones futuras y contribuyen de manera significativa al avance del conocimiento en el área, sugiriendo adaptaciones que consideren las condiciones específicas de la región norte de Brasil. Asimismo, se destaca la necesidad de mantener el monitoreo constante de temperatura y humedad, de modo que el sistema de control ambiental pueda ser reevaluado o modificado conforme a las demandas del entorno. Del mismo modo, se recomienda la realización de estudios más profundos sobre la influencia del clima amazónico en la conservación de colecciones de Artes Visuales modernas y contemporáneas.

AGRADECIMIENTOS

Reconocemos el valioso trabajo de los revisores que, incluso de forma anónima, contribuyeron significativamente a la mejora de este documento. Este artículo no habría sido posible sin el apoyo de la Universidad Federal de Pará, a través del Instituto de Ciencias del Arte, la Facultad de Artes Visuales y el curso de Museología de la UFPA. Los autores beneficiarios de becas agradecen al CNPq por la inversión en el proyecto y por la oportunidad de realizar esta investigación.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue apoyado por el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), bajo la subvención nº 40/2022 – Proyecto en red – políticas públicas para la promoción de la cultura.

REFERENCIAS

Andrade, A. L. C. R. de, y Cavicchioli, A. (2021). Um estudo comparativo da dinâmica microclimática em espaços adaptados para fins de conservação de acervos sob a ótica da sustentabilidade. *Anais do Museu Paulista*, 29, 1-33. https://doi.org/10.1590/1982-02672021v29e8

Bastos, T. X., Pacheco, N. A., Nechet, D., y Sá, T. D. de A. (2002). *Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos*. Embrapa. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/389773/1/OrientalDoc128.pdf

Bonamente, M. (2017). Mean, median, and average values of variables. En *Statistics and analysis of scientific data* (pp. 107-115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6572-4_6

Britto, R. M. de, y Borges, L. C. (2010). Desafios na formação do museólogo frente à demanda social dos museus da região amazônica. En Semedo, A. & Nascimento, E. (Coords.), *Actas do I Seminário De Investigação Em Museologia Dos Países De Língua Portuguesa E Espanhola* (pp. 157-168). Universidade do Porto. https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/10327.pdf

Carvalho, C. S. R. de. (1997). *O controle ambiental para a preservação de acervos com suporte em papel na concepção dos edifícios de arquivos de bibliotecas em clima tropical úmido.* [Tesis de maestría, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro]. http://hdl.handle.net/11422/5097

Corrêa, M. C. L. (2003). *Avaliação dos parâmetros de controle ambiental em museus: um estudo de caso sobre o uso de insuflamento de ar na reserva técnica do Museu Universitário Professor Oswaldo Rodrigues Cabral*. [Tesis de maestría, Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis]. http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/85521

Dancause, R., Wagner, J., y Vuori, J. (2018). *Caring for textiles and costumes*. Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Dignard, C., y Mason, J. (2018). *Caring for leather, skin and fur*. Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Erhardt, D., y Mecklenburg, M. (1994). Relative humidity re-examined. *Studies in Conservation, 39*(1), 32-38. https://doi.org/10.1179/sic.1994.39.Supplement-2.32

Fahey, M. (s.f.). *The care and preservation of glass & ceramics* (L. Beck revisions). Benson Ford Research Center. https://www.thehenryford.org/docs/default-source/default-document-library/the-henry-ford-glass-amp-ceramics-conservation.pdf?sfvrsn=2

Figueiredo, B, Póvoa, B., Dantas, D., y Sudério, M. (2018). Arquitetura civil e religiosa no período colonial em Belém, Pará. *Revista do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UCB*, (7), 26-39.

Froner, Y. A. (2008). Reserva Técnica. En *Tópicos em conservação preventiva 8.* Escola de Belas Artes - UFMG.

Froner, Y. A., y Souza, L. A. C. (2008). Preservação de bens patrimoniais: conceitos e critérios. En *Tópicos em Conservação Preventiva 3*. Escola de Belas Artes - UFMG.

Gewehr, U. (2004). *Aplicabilidade e eficiência de dois métodos de saneamento de paredes degradadas por umidade e sais a partir de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso*. [Tesis de maestría, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre]. http://hdl.handle.net/10183/10162

Gonzaga, A. L. (2006). *Madeira: Uso e Conservação*. IPHAN/Monumenta.

Guild, S. (2018). *Caring for paper objects*. Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Guimarães, L., y Beck, I. (2007). Conservação & restauração de documentos em suporte de papel. En *Mast Colloquia. Conservação de Acervos* (vol. 9) (pp. 45-60). Museu de Astronomia e Ciências Afins, Ministério da Ciência e Tecnologia.

Gühts, S. y Carvalho, C. R. (2007). Conservação preventiva: ambientes próprios para coleções. Conservação de acervos. Mast Colloquia vol. 9. Rio de Janeiro: MAST, 25-44.

Hartin, D. D., y Baker, W. (2018). *Caring for paintings*. Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Leão, A. M. L. de. (2021). *Museus e colonialidade: uma análise da exposição de longa duração o Museu do Estado do Pará* [Tesis de maestría, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém]. http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/13976

Lima, J. T. M. (2017). *Entre a Ciência e o Patrimônio: A aplicação de procedimentos analíticos na preservação de acervos metálicos de ciência e tecnologia* [Tesis de maestría, Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, MAST/MCTIC, Rio de Janeiro]. http://site.mast.br/ppact/LIMA%20e%20GRANATO%20Entre%20a%20Ci%C3%AAncia%20e%20o%20Patrim%C3%B4nio.pdf

Lima, J. T. M. de, y Granato, M. (2016). Entre a ciência e o patrimônio: a aplicação de procedimentos analíticos na preservação de acervos metálicos. En *IV Seminário Internacional Cultura Material e Patrimônio de C&T* (pp. 461-488). Museu de Astronomia e Ciências Afins.

Logan, J. A., y Grant, T. (2018). *Caring for ceramic and glass objects.* Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Lunetta, A., y Guerra, R. (2023). Metodologia da pesquisa científica e acadêmica. *Revista OWL (OWL Journal), 1*(2), 149-159. https://doi.org/10.5281/zenodo.8240361

Maekawa, S., y Toledo, F. (2001). Sustainable climate control for historic buildings in hot and humid regions. En *18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Florianópolis – Brazil, 7-9 November 2001* https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/sustained_climate_control_hot_humid.html

Maranhão, B. M. A. de M., y Britto, R. M. de. (2023). Conservação preventiva e arte contemporânea: O macroambiente do acervo da Casadas Onze Janelas. In *32º Encontro Nacional da ANPAP*. Formas de vida.

Mason, J. (2018). *Caring for basketry and plant materials*. Canadian Conservation Institute, Department of Canadian Heritage.

Mello, P. M. A. C. de y Santos, M. J. V. da C. (2004). *Manual de conservação de acervos bibliográficos da UFRJ*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. https://www.ufrb.edu.br/biblioteca/documentos/category/2-documentos-do-sistema-de-bibliotecas-da-ufrb?download=191:manual-de-conservacao-de-acervos-bibliograficos-da-ufrj

Michalski, S. (April 2007). *The ideal climate, risk management, the ASHRAE chapter, proofed fluctuations, and toward a full risk analysis model* [Contribución]. Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, Tenerife, España. https://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/climate/paper_michalski.pdf

Miranda, C. S., Carvalho, R. N. F., y Silva, V. (2023). La rocque revisita a tradição: arquiteturas religiosas e de cultura. En *Ciência Brasileira: Múltiplos olhares - Arquitetura, Urbanismo, Engenharia Civil, Cidades e Mobilidade.* Even3. https://www.even3.com.br/ebook/cb-arquitetura-urbanismo-engenhariacivil-cidades-mobilidade-1/599761-LA-ROCQUE-REVISITA-A-TRADICAO--ARQUITETURAS-RELIGIOSAS-E-DE-CULTURA.

Mokarzel, M. de O. (2013). Três coleções do Espaço Cultural Casa das Onze Janelas: doação e editais no fortalecimento de um acervo. *Museologia & Interdisciplinaridade, 2*(4), 103-112. https://doi.org/10.26512/museologia.v2i4.16367

Ribeiro, M. B. (2009). A importância do edifício para o conforto e o controle ambientais nos museus. En *Actas do I Seminário de Investigação em Museologia dos Países de Língua Portuguesa e Espanhola* (vol. 1) (pp. 402-413) https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/8144.pdf

Silva, C. L. S. da. (2022). Percursos formativos da Museologia na Amazônia paraense. *Museologia e Patrimônio, 15*(2), 272-288. http://200.156.20.26/index.php/ppgpmus/article/download/959/894

Souza, L. A. C. (2008). Conservação preventiva: controle ambiental. *Cadernos Técnicos-Tópicos em Conservação Preventiva* (vol. 5) (pp. 3-23)

Teixeira, L. C., & Ghizoni, V. R. (2012). *Conservação preventiva de acervos*. Fcc Edições. https://www.sisemsp.org.br/wp-content/uploads/2023/03/11-FCC_conservacao-preventiva-de-acervos.pdf

Toledo, F. L. (2003). O controle climático em museus quentes e úmidos: conservação preventiva e o controle climático. En *Seminário de Conservação Preventiva de Bens Culturais: Santa Catarina*. https://museuvictormeirelles.museus.gov.br/publicacoes/textos-e-artigos/o-controle-climatico-em-museus-quentes-e-umidos/

Vicente, B. C. R. (2016). *Conservação preventiva na Reserva Técnica Curt Nimuendaju: monitoramento de macro e microambiente* [Tesis de licenciatura, Faculdade de Artes Visuais, Universidade Federal do Pará]. https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/2220/1/TCC_ConservacaoPreventivaReserva.pdf

Vinutha, H. P., Poornima, B., & Sagar, B. M. (2018). Detection of outliers using interquartile range technique from intrusion dataset. En S. Satapathy, J. Tavares, V. Bhateja, & J. Mohanty (Eds.), *Information and decision sciences* (vol. 701, pp. 269-278). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7563-6_53

Western Australian Museum. (s.f.). *Preventive conservation*. Government of Western Australia. https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/54/index.html

Intervención

ENERO-JUNIO 2025
JANUARY-JUNE 2025

SOBRE LOS AUTORES

Bruna Maria Araújo de Melo Maranhão Maranhão
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
brunaraujomm@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3520-3725

Estudiante de maestría en el Programa de Posgrado en Ciencias del Patrimonio Cultural de la Universidade Federal do Pará (UFPA). Licenciada en Museología por la misma institución. Fue beneficiaria de una beca de Iniciación Científica en el marco del proyecto titulado "Investigación Museológica y Documentación de la Colección de Artes Visuales del Espacio Cultural Casa das Onze Janelas", aprobado por el CNPq en la convocatoria nº 40/2022, como parte del Proyecto en Red sobre Políticas Públicas para la Promoción de la Cultura.

Jéssica Tarine Moitinho de Lima
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
jessicatarine@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2481-1225

Profesora del curso de Museología en la Universidade Federal do Pará (UFPA). Doctora en Geociencias por la Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), máster en Preservación de Colecciones Científicas por el Museo de Astronomía y Ciencias Afines (MAST), y licenciada en Museología por la Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Está vinculada al Laboratorio de Pesquisa em Reservas Técnicas (LAPRET) y al Laboratorio de Conservación Preventiva del Patrimonio Natural Mueble (LCPPM). Su investigación se centra en museos, colecciones y patrimonio, con énfasis en conservación preventiva, gestión museológica, documentación y comunicación.

Sue Anne Regina Ferreira da Costa
Museu Paraense Emílio Goeldi, Brasil
suecosta@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3314-5148

Coordinadora de Comunicación y Extensión del Museu Paraense Emílio Goeldi, y profesora doctora en los programas de grado en Museología y de posgrado en Ciencias del Patrimonio Cultural. Es doctora en Ciencias (área Geociencias), máster en Zoología y licenciada en Ciencias Biológicas (modalidad Biología). Integra el Laboratorio de Pesquisa em Reservas

Técnicas (LAPRET) y el Laboratorio de Conservación Preventiva del Patrimonio Natural Mueble (LCPPM). Su labor se enfoca principalmente en colecciones históricas, con investigaciones centradas en museos, colecciones y museos de ciencias naturales. Su trabajo destaca la decolonización y las especificidades de la región amazónica en el estudio del patrimonio.

Rosangela Marques Britto
Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil
rmb@ufpa.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9458-3515

Profesora del Programa de Posgrado en Arte de la Universidade Federal do Pará. Investigadora y educadora en arte del Curso de Licenciatura en Artes Visuales de la misma institución. Doctora en Antropología por la Universidade Federal do Pará. Artista visual y museóloga.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Bruna Maria Araújo de Melo Maranhão Ideas: formulación o evolución de los objetivos generales de la investigación; concepción y diseño del estudio; revisión bibliográfica; adquisición de datos; análisis e interpretación de datos; preparación del manuscrito; revisión intelectual del manuscrito; aprobación final de la versión enviada a la revista.

Jéssica Tarine Moitinho de Lima Ideas: formulación o evolución de los objetivos generales de la investigación; concepción y diseño del estudio; revisión bibliográfica; adquisición de datos; análisis e interpretación de datos; preparación del manuscrito; revisión intelectual del manuscrito; aprobación final de la versión enviada a la revista.

Sue Anne Regina Ferreira da Costa: revisión bibliográfica; adquisición de datos; preparación del manuscrito; revisión intelectual del manuscrito; aprobación final de la versión enviada a la revista.

Rosangela Marques Britto: revisión bibliográfica; adquisición de datos; preparación del manuscrito; revisión intelectual del manuscrito; aprobación final de la versión enviada a la revista.