XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8937

Palácio da Liberdade: equilíbrio entre iluminação natural, vista e preservação

Palácio da Liberdade: searching a balance between daylighting, view out and Collection Preservation

Isadora Esper Baptista da Costa
UFMG| Belo Horizonte | Brasil | esperisadora249@gmail.com
Ana Beatriz Corrêa dos Santos
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | anabiacs@ufmg.br
Yuri Scatrut Ribeiro de Andrade
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | yuri.scatrut@gmail.com
Roberta Vieira Gonçalves de Souza
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | robertavgs@ufmg.br

Resumo

A iluminação natural representa desafios em museus quanto à conservação do acervo, pois o excesso de luz e de radiação ultravioleta causa danos aos materiais, acelerando o processo de deterioração. O Palácio da Liberdade, antiga sede do Estado de Minas Gerais, foi aberto à visitação e expõe seu mobiliário original mantendo janelas abertas para dar vistas a seu jardim. Foi então desenvolvido estudo para explorar sistemas de controle para evitar eventuais riscos ao acervo exposto, mantendo a iluminação natural e o acesso às vistas, sendo realizadas simulações de desempenho. Verificou-se excesso de iluminação com possibilidade de prejuízo ao acervo em diversos de seus ambientes. Tendo sido testadas diversas opções de controle, constatou-se que o uso combinado de película com transmissividade de 20% e persianas reduziu o excesso de iluminação na maioria dos ambientes, porém a persiana com transmitância visível de 5% foi a que permitiu vista para o exterior mais satisfatória. Apesar de no estudo o risco de foto deterioração do acervo não ter sido totalmente controlado nas salas a oeste, as soluções encontradas permitiriam manter a vista para o exterior, considerada um importante componente da ambiência criada.

Palavras-chave: Luz natural. Museus. Preservação de acervo. Simulação. Foto deterioração.

Abstract

Daylighting poses challenges in museums regarding collection conservation, since excessive light and ultraviolet radiation cause damage to materials and accelerate their deterioration. The Palácio da Liberdade, former seat of the State of Minas Gerais, was opened to visitation and displays its original furniture while keeping windows open to provide views of its garden. A study was therefore developed to explore control systems capable of preventing potential risks to the exposed collection while maintaining daylighting and access to the views, and performance simulations were carried out. Excessive illumination with potential harm to the collection was found in several of its rooms. After testing various control options, it was found that the combined use of 20% transmissivity film and blinds reduced the excess illumination in most rooms, but the blind with 5% visible transmittance provided the most satisfactory view to the outside. Although the risk of photodeterioration of the collection was not fully controlled in the west-facing rooms, the solutions found would allow the view to the outside to be maintained, considered an important component of the ambience created.

Keywords: Daylight. Museums. Collection conservation. Simulation. Photodeterioration.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8937

INTRODUÇÃO

A luz do dia favorece a iluminação natural de ambientes internos e o bem-estar de ocupantes ao promover, entre outros, vista para o exterior por meio das aberturas [1]. No entanto, seu aproveitamento em museus tem maior complexidade, dada a necessidade de se combinar o desempenho luminoso com a preservação do acervo. Segundo Wilhelm, *"a iluminação como um dos itens essenciais do projeto [...] deve permitir a valorização das obras de arte [...], mantendo íntegra a sua materialidade e garantindo a estabilidade necessária para que não ocorra a degradação do acervo"* [2, p. 592]. Danos causados pela luz incluem: mudança de cor, perda de resistência, fragilidade e rachaduras [3].

A variabilidade da luz natural exige maior controle em relação à iluminação elétrica [2]. Para permitir o devido equilíbrio entre iluminação e preservação, é necessário avaliar as aberturas e a necessidade de sombreamento [4] [5]. Dispositivos de sombreamento podem diminuir o consumo energético, desde que estratégias projetuais sejam adequadas ao clima local [5]. A transmissividade dos vidros e a orientação das fachadas também influenciam a quantidade de luz, sendo importante considerá-las nos projetos [6].

Um estudo em museus instalados em edifícios históricos nos Emirados Árabes Unidos analisou a iluminação natural, considerando iluminâncias adequadas para visibilidade, risco de degradação das obras e conforto visual. Foram realizadas simulações computacionais das métricas *Spatial Daylight Autonomy* (sDA), *Annual Sunlight Exposure* (ASE), *Useful Daylight Illuminance* (UDI), *Daylight Glare Probability* (DGP), além de se propor nova métrica, *Daylight Safety* (DS), que identificou a área do ambiente que mantinha níveis seguros de iluminação para o acervo. Encontrou-se que varandas foram fundamentais para diminuir a exposição solar e reduzir os níveis excessivos de iluminação, e identificou-se que peças mais sensíveis devem ficar mais distantes das aberturas [4].

A CIE 157:2004, "*Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*", estabelece diretrizes de controle da foto deterioração em museus. Para determinar a dose máxima de exposição solar diária tolerada pelos materiais do acervo, é necessário estabelecer limites em função do acervo exposto. A Tabela 1 apresenta doses limite anuais de exposição e de iluminância estabelecidas pela Norma.

Tabela 1: Limites de exposição do acervo em função de sua sensibilidade

Tipo de Material	Suscetibilidade à Foto deterioração	Iluminância máxima (lx)	Limite de Dose de Exposição (lx.H.A)	Limite de U.V (Mw/M^2)
Cerâmicas, vidros, metais e pedras	Não suscetível	Sem limite	Sem limite	Sem limite
Pintura a óleo/têmpera, couro não pintado, laca, osso, madeira, marfim, corno, fotografia a preto e branco	Baixa	200	600.000	≤75
Aquarela, guache, manuscritos, corantes, desenhos, têxteis, fotografias a cores, couro pintado, materiais de história natural, tais como pelos, penas, insetos e plantas	Média	50	150.000	≤30
Têxteis como seda, corantes de alto risco de desbotamento, tinta manuscrita anterior ao século XX	Alta	50	15.000	≤30

Fonte: CIE 157:2004 *Control of damage to museum objects by optical radiation* apud [7].

Simulações computacionais de iluminação natural são um método bastante usado em estudos de edificações existentes para exploração de soluções para controle de luz solar em espaços de exposição [4] [5] [6], sendo também adequadas para avaliação em museus [8].

O Palácio da Liberdade em Belo Horizonte, Minas Gerais, foi inaugurado em 1898 como sede do Governo Estadual e residência do governador [9]. Tombado em 1975 [10], funciona como espaço cultural, aberto à visitação pública de ambientes, que expõem o mobiliário da época. Tem vista imediata para a Praça da Liberdade e para outros edifícios históricos. Durante o período de visitação, as janelas permanecem abertas, permitindo vista para esses espaços. Por sua orientação, alguns cômodos recebem insolação direta em determinados períodos, prejudicial à preservação do acervo.

Assim, este artigo tem como objetivo explorar alternativas de sistemas de controle da luz natural no Palácio da Liberdade, a fim de permitir a conservação do acervo mantendo o acesso à iluminação e vista ao exterior.

MÉTODO

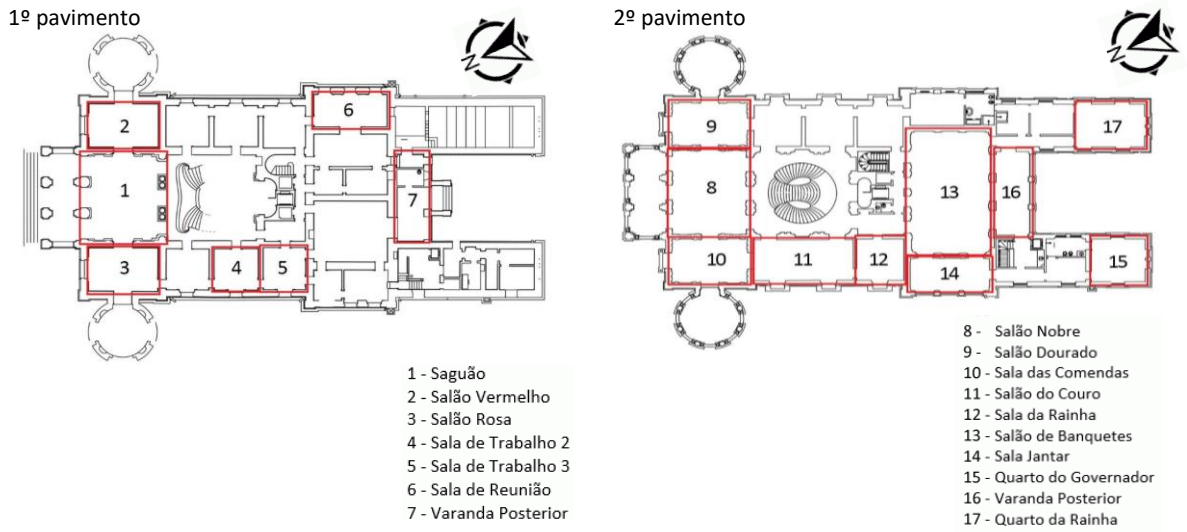
O presente estudo estruturou-se em: identificação de critérios de preservação de materiais em acervos; configuração do modelo virtual; simulações no *plugin* ClimateStudio buscando soluções para mitigação dos danos potenciais verificados; análise visual por meio da *Unreal Engine*.

CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO

A pesquisa concentra-se no primeiro e segundo pavimentos do Palácio da Liberdade, correspondentes ao circuito de visitação pública e de exposição do acervo, cujos ambientes abertos ao público estão destacados em vermelho na Figura 1. O pavimento restrito ao uso administrativo foi excluído do escopo das simulações.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8937

Figura 1: Planta chave dos ambientes simulados



Fonte: Autores.

CRITÉRIOS DE PRESERVAÇÃO

Os limites de exposição anual à iluminação foram calculados conforme as diretrizes normativas e a rotina do Palácio da Liberdade. Considerou-se a abertura das janelas durante o horário de visitação de quarta a domingo, das 12h às 18h, resultando em um período de exposição anual de 1.560 horas (6 horas/dia, 5 dias/semana). A Tabela 2 apresenta os limites de iluminância resultantes para o acervo neste cenário. Para cada tipo de acervo, foi calculado um valor médio de iluminância anual.

O acervo do Palácio da Liberdade é composto de mobiliário em madeira e couro. Para não exceder a dose anual acumulada (lx.h/ano), a iluminância média máxima ($E_{m,máx}$) deveria restringir-se a 384 lx para objetos de madeira e 96 lx para objetos de couro.

Tabela 2: Limites de exposição calculados (1.560 horas/ano)

Material do Acervo	Dose Limite de Exposição (lx·h/ano)	Iluminância Média Máxima Admissível, $E_{m,máx}$ (lx)
Madeira, Pintura a óleo e Têmpera	600.000	384
Couro Pintado	150.000	96

Fonte: autores.

MODELAGEM

A edificação foi modelada no *SketchUp*, Figura 2 à esquerda, utilizando a planta em DWG. O modelo foi importado para o *software* Rhinoceros 8 para adição de vegetação e parametrização no *plugin* ClimateStudio, Figura 2 à direita.

Figura 2: Modelo 3D do Palácio da Liberdade



Fonte: Autores.

Os parâmetros de entrada foram definidos da seguinte forma:

1. Arquivo climático de Belo Horizonte: BRA_MG_Belo.Horizonte-Prates.AP.836724_TMYx.2007-2021.epw;
2. Período de análise: das 12h às 18h;
3. Métrica para análise de desempenho: $E_{m,máx}$, adotada para refletir a dose acumulada de exposição diária média sobre o acervo;
4. Malha de sensores: distância entre pontos de 60 cm e altura de 5 cm em função da exposição de móveis e de tapetes que devem ser visualizados em sua inteireza;
5. A definição das propriedades óticas baseou-se na biblioteca de materiais do ClimateStudio;
6. Para a avaliação qualitativa, adotou-se o motor gráfico *Unreal Engine*, devido ao seu processamento via *Path Tracing*, algoritmo que simula a física da luz [12]. As imagens geradas contribuíram para identificar o impacto estético da adoção de elementos de proteção solar e a possibilidade de manutenção da vista ao exterior.

SIMULAÇÕES DE ELEMENTOS DE PROTEÇÃO

Realizou-se a simulação da edificação original, identificando níveis máximos de iluminância nos ambientes avaliando situações de excesso de exposição à iluminação capaz de danificar o acervo exposto. A partir da verificação de situações consideradas como de risco para o acervo, novas simulações testaram diferentes elementos de controle de luz natural.

Para tal, selecionaram-se películas da série Prestige Exterior da fabricante 3M, que bloqueiam 99,9% da radiação ultravioleta [11], e persianas da marca Chicology. As películas foram configuradas no *ClimateStudio*, multiplicando a transmitância do vidro pelo fator de transmissão de cada película. Buscou-se vidros de transmitância equivalente àquela calculada na biblioteca do *plugin*.

Quanto às persianas, selecionaram-se tecidos com bloqueio de 95 a 99% de radiação UV com 25,30 e 19% de transmissividade. A Tabela 3 apresenta os dados dos materiais associados aos elementos de intervenção.

Tabela 3: Materiais das películas e persianas com bloqueio de 95 a 99% da radiação UV

Películas/ Persianas	Materiais ClimateStudio	Transmissividade de luz visível (%)
Vidro	*Sungate 400 (2)*	87,80
3M-Prestige PR90X	*Clear-Clear*	77,40
3M-Prestige PR70X	*Optigray*	62,80
3M-Prestige PR40X	*DGU COOL-LITE SKS 143 II*	36,00
3M-Prestige PR20X	*DGU COOL-LITE ST 120*	18,10
Chicology-Bloqueio de 75% da luz	*Ferrari FT381*	25,30
Chicology-Bloqueio de 80%	*SuperSolar Screening+, Charcoal*	19,00
Hunter Douglas KoolBlack 5%	*Graylite-Solarban 67 (krypton)*	5,40

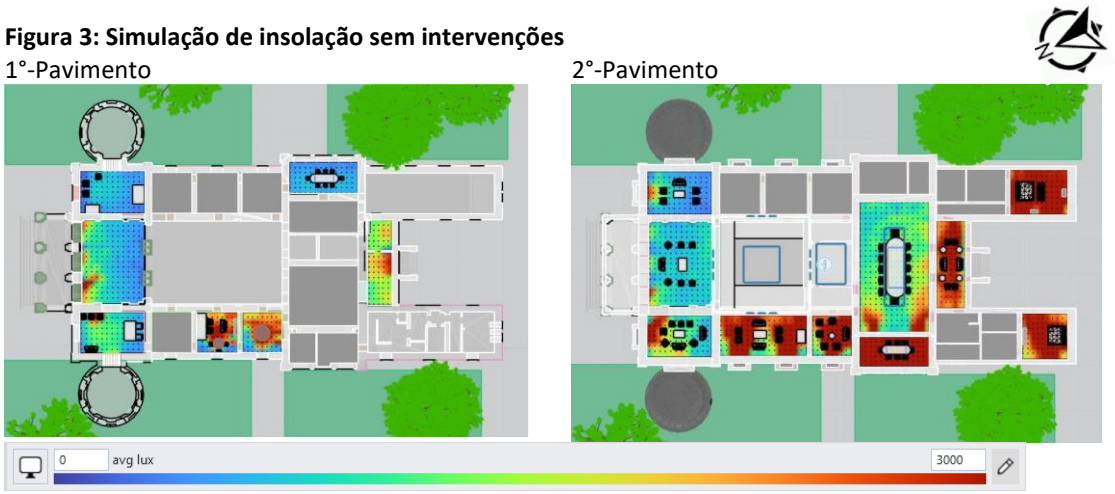
Fonte: Autores.

Na *Unreal Engine*, os materiais foram configurados sob o modelo *Physically Based Rendering* (PBR) [13], parametrizados com dados de fabricantes para garantir a reprodução física das propriedades de absorção e reflexão luminosa das películas e tecidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação parte da modelagem do estado atual, com a incidência de iluminação média anual (Figura 3), usada como referência para as mitigações posteriores.

Figura 3: Simulação de insolação sem intervenções



Fonte: Autores.

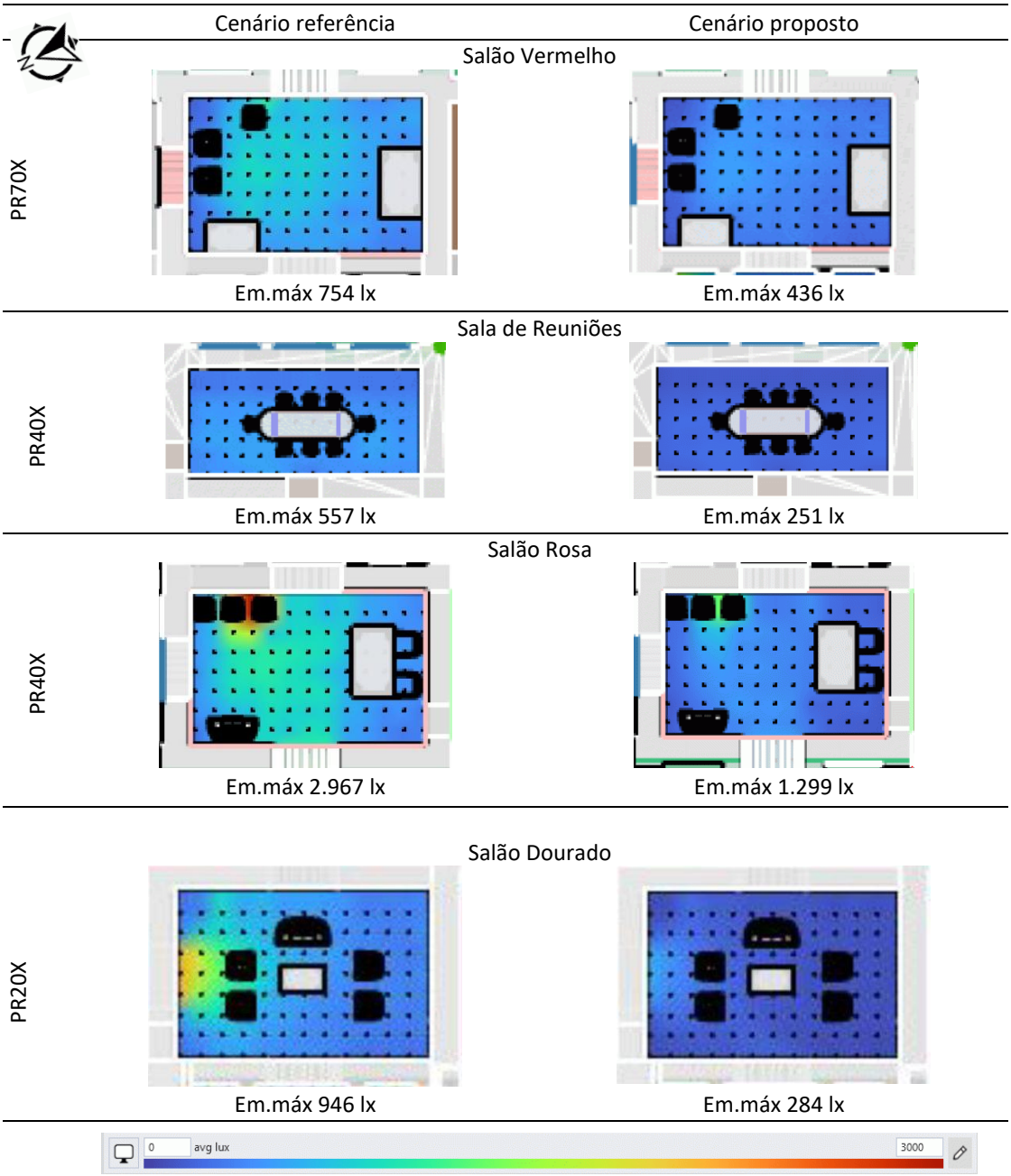
Foi adotada uma abordagem iterativa de mitigação nas simulações, para determinar a intervenção mínima necessária para a conservação preventiva do acervo, evitando a supressão excessiva da iluminância natural. Os ensaios iniciaram-se com películas de controle solar, testadas em ordem decrescente de transmitância visível (Figura 4). Os ambientes adequados aos limiares de segurança para exposição do acervo foram excluídos das rodadas de cálculo seguintes. Para recintos com risco persistente de foto deterioração, incorporou-se o uso de persianas (Figura 6). Sequencialmente, os espaços que não alcançaram a mitigação nas etapas anteriores foram submetidos a simulações de intervenções híbridas, combinando películas e persianas (Figura 7).

No primeiro pavimento, com mobiliário e piso predominantemente em madeira e paredes pintadas, o limite de tolerância de 384 lx médio por dia foi excedido em todos os cômodos. A maioria dos ambientes registrou valores de iluminância média máxima,

$E_{m,máx}$, entre 3.000 e 4.000 lx médio por dia. Ambientes a leste apresentaram as menores $E_{m,}$ e a situação mais crítica ocorreu na fachada oeste. O Saguão e a Varanda Posterior foram excluídos das etapas seguintes de análise por não possuírem mobiliário fixo.

O segundo pavimento apresentou níveis de iluminância média maiores que os do primeiro pavimento. Os cômodos da fachada oeste apresentaram os valores mais elevados, atingindo uma $E_{m,máx}$ de 18.348 lx na Sala de Jantar. O Salão do Couro abriga móveis estofados compostos pelo material, cuja restrição de iluminância é de 96 lx. Os ambientes das fachadas norte e sul também reportaram valores acima dos limites estabelecidos na Tabela 2. O Salão Nobre, na orientação norte, registrou a menor iluminância deste pavimento, atenuada pela varanda frontal.

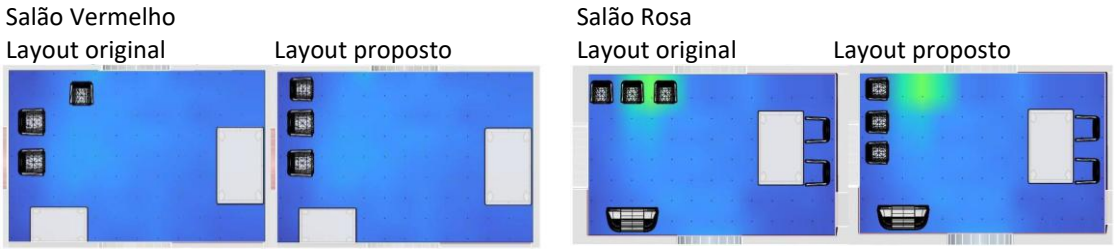
Figura 4: Simulações com aplicação da película



Fonte: Autores.

No primeiro pavimento, a película PR70X poderia ser usada no Salão Vermelho, na Sala de Reunião e no Salão Rosa mediante o reposicionamento do mobiliário (Figura 5). No segundo pavimento, a PR20X reduziu a iluminância média do Salão Dourado a patamares normativos considerados seguros.

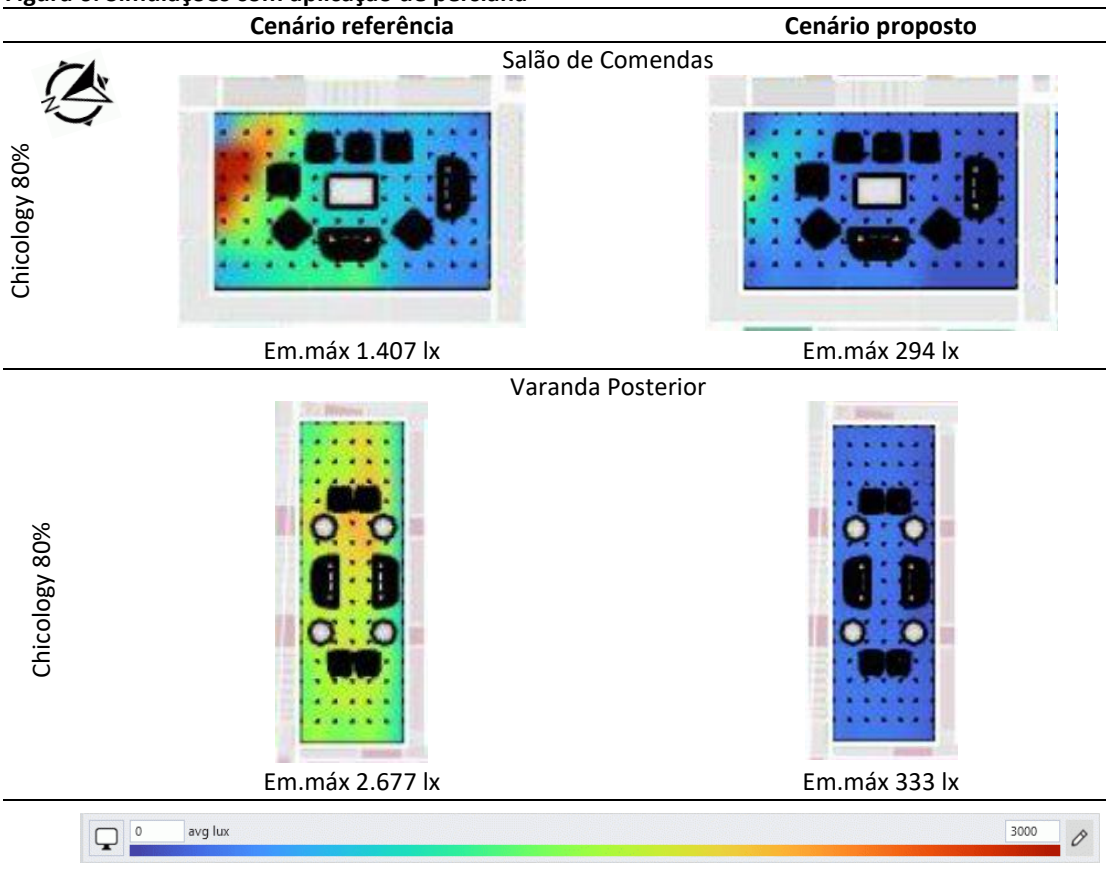
Figura 5: Proposição para rearranjo do mobiliário



Fonte: Autores.

Após os testes com películas, a implementação de persianas solares Chicology 80% mitigou a $E_{m,máx}$ a patamares normativos seguros no Salão de Comendas e na Varanda Posterior (Figura 6).

Figura 6: Simulações com aplicação de persiana

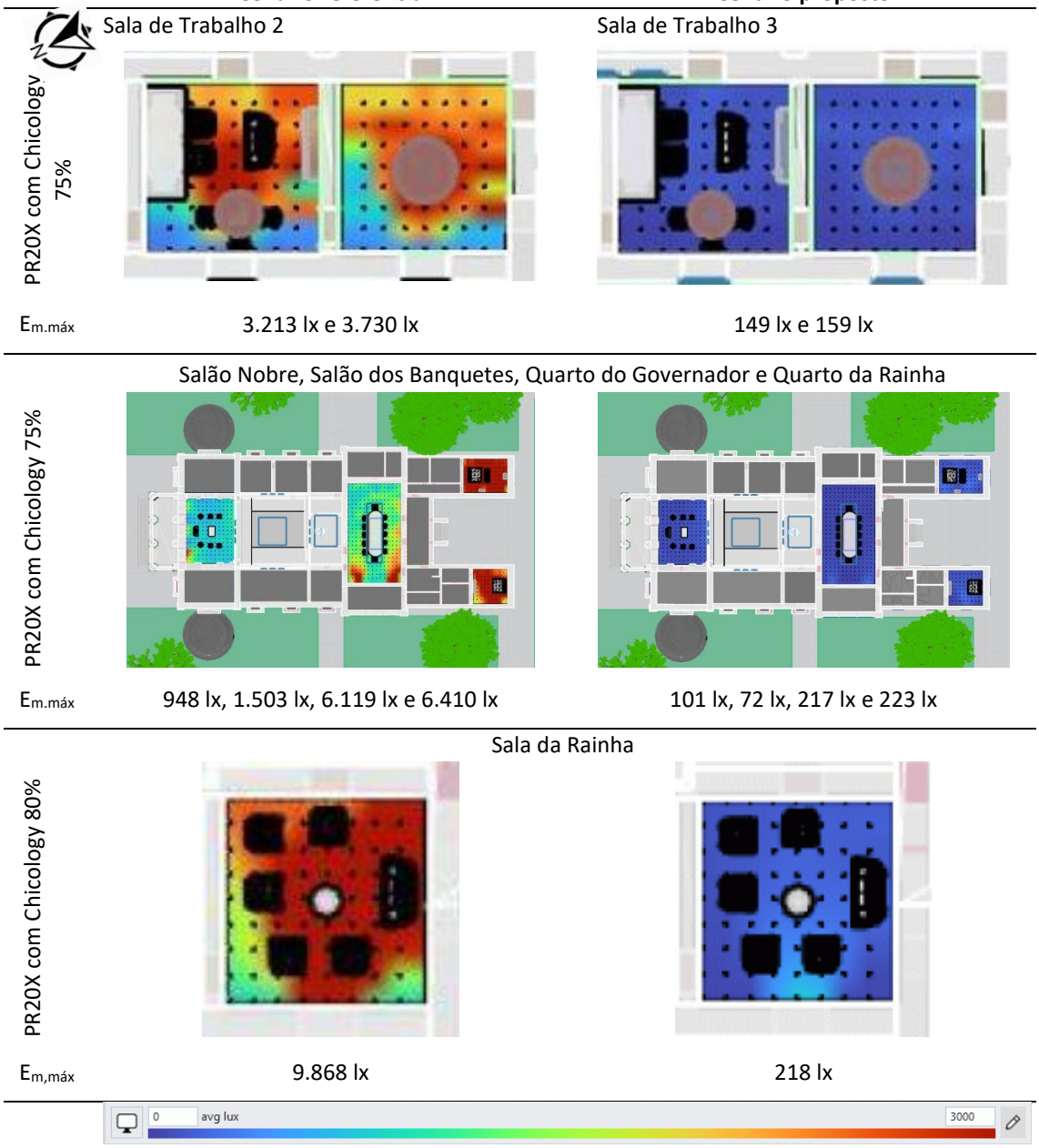


Fonte: Autores.

Diante da persistência de risco em determinados ambientes, adotou-se a combinação da película PR20X com a persiana Chicology 75% (Figura 7). Esta estratégia mitigou a incidência do primeiro pavimento na Sala de Trabalho 2 e na Sala de Trabalho 3. No segundo pavimento, o mesmo sistema reduziu a $E_{m,máx}$ no Salão Nobre, Salão dos Banquetes, Quarto do Governador e Quarto da Rainha. A Sala da Rainha exigiu a adoção da persiana Chicology 80% para atenuar a $E_{m,máx}$.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8937

Figura 7: Simulações com aplicação de película e persiana

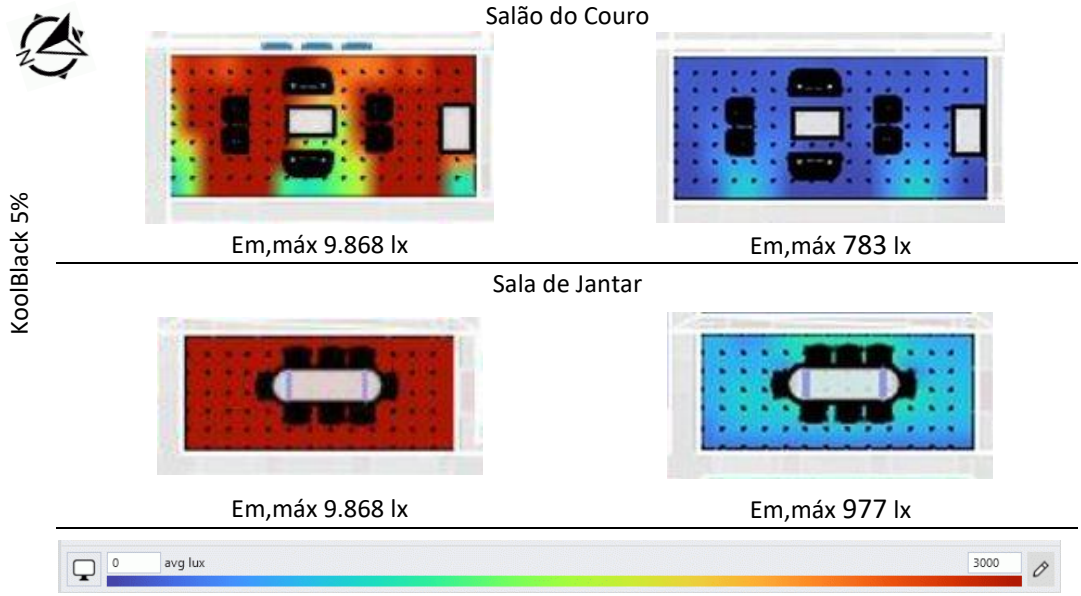


Fonte: Autores.

Para o Salão do Couro e a Sala de Jantar, com mobiliário mais sensível, optou-se ainda por simular com a persiana KoolBlack 5% da marca Hunter Douglas (Figura 8). Porém, mesmo com a implementação de uma cortina de baixa transmitância, o Salão do Couro ainda registrou $E_{m,máx}$ de 783 lx, e a Sala de Jantar de 977 lx. Isso indica necessidade de reposicionamento do mobiliário, o que é dificultado pela estrutura da exposição criada ou o fechamento das janelas para evitar incidência elevada de iluminação que pode degradar o mobiliário. No entanto, tal estratégia iria eliminar a possibilidade de vista para o exterior que contribui significativamente para a ambiência destes espaços.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8937

Figura 8: Simulações com aplicação de painel do tipo KoolBlack



Fonte: Autores.

A Tabela 4 apresenta as diretrizes de intervenção obtidas pela modelagem realizada, com o objetivo de garantir maior conservação do acervo nos cômodos do Palácio da Liberdade.

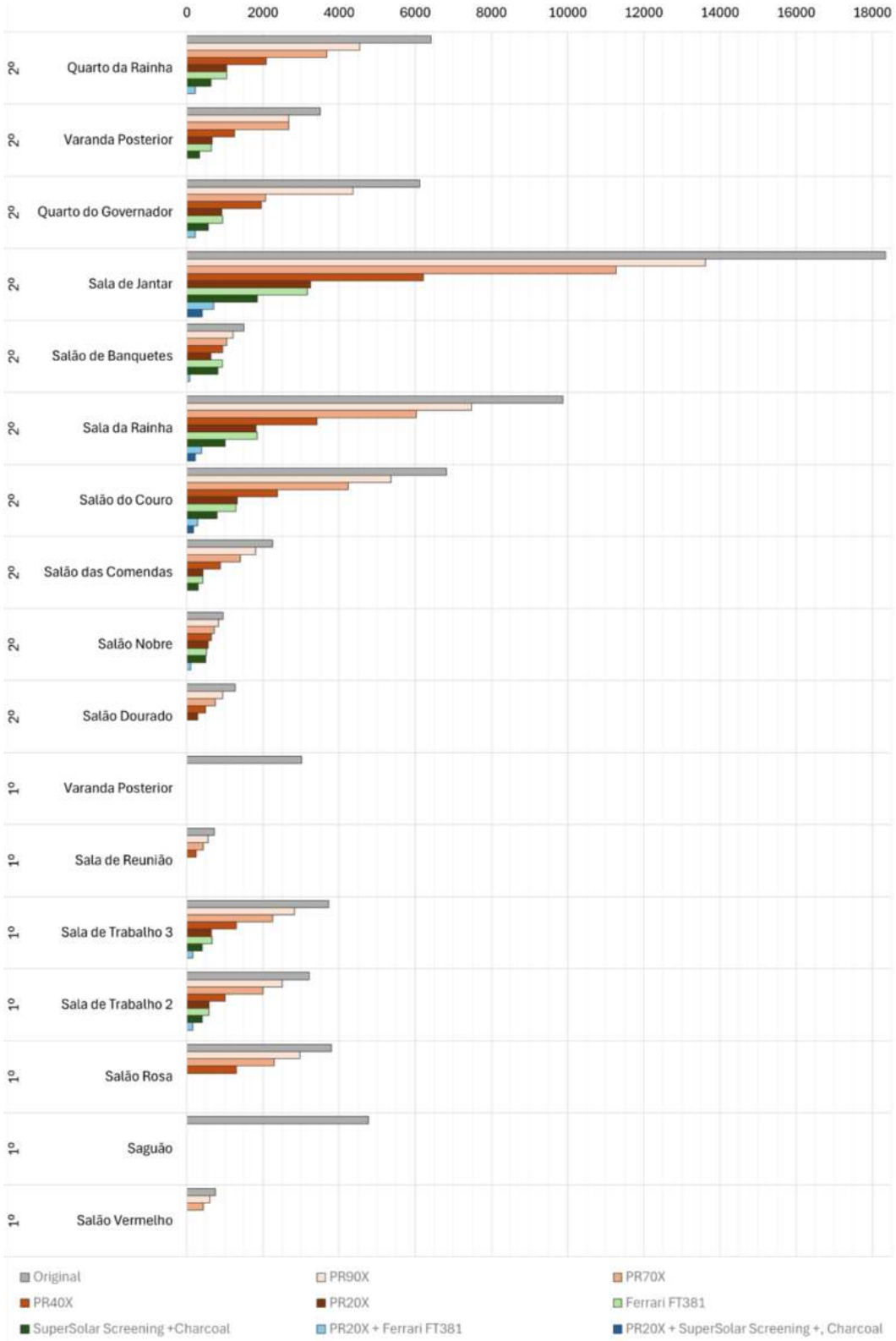
Tabela 4: Intervenções recomendadas para cômodos do Palácio da Liberdade

	Cômodo	Tipo de intervenção	Película	Persiana
Primeiro pavimento	Salão Rosa	Película/ reposicionamento do mobiliário	PR40X	-
	Sala de Reunião	Película	PR40X	-
	Salão Vermelho	Película/ reposicionamento do mobiliário	PR70X	-
	Sala de Trabalho 2	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
	Sala de Trabalho 3	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
Segundo pavimento	Salão Dourado	Película	PR20X	-
	Salão das Comendas	Persiana	-	Chicology, 80%
	Varanda Posterior	Persiana	-	Chicology, 80%
	Salão Nobre	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
	Salão de Banquetes	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
	Quarto do Governador	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
	Quarto da Rainha	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 75%
	Sala da Rainha	Película/ persiana	PR20X	Chicology, 80%
	Sala de Jantar	Sem solução eficaz		
	Salão do Couro	Sem solução eficaz		

Fonte: Autores.

A Figura 9 apresenta a Em,máx anual em cada ambiente, considerando cada solução avaliada. Nota-se que à medida que as soluções foram aplicadas, a $E_{m,máx}$ foi reduzida em cada ambiente analisado. Ressalta-se que essas soluções possam ser conjugadas com diretrizes de uso das aberturas, permitindo abrir as janelas sempre que não houver incidência solar direta nos ambientes.

Figura 9: Resultados das Em,máx por ambiente.



Fonte: Autores.

A severidade exigida nas intervenções no Salão do Couro motivou a avaliação qualitativa do impacto visual via renderizações fotorrealistas. O objetivo desta análise foi avaliar, além da mitigação de iluminâncias excessivas capazes de degradar o acervo, a interferência na vista para o exterior pelo uso de tais dispositivos. Para isso, recriou-

se a ambientação do espaço por meio de modelo desenvolvido na *Unreal Engine*. A Figura 10 mostra o modelo digital frente à fotografia local com a renderização à esquerda e a fotografia à direita.

Figura 10: Comparativo entre renderização e fotografia do Salão do Couro



Fonte: Autores.

A Figura 11 ilustra a aplicação de diferentes tramas da cortina KoolBlack nas aberturas do Salão do Couro onde é possível perceber que com o uso da trama preta (Imagem à direita superior) há redução de iluminação com preservação da vista externa. Com a trama mista cinza (esquerda abaixo), nota-se que a cortina eleva a difusão luminosa, comprometendo parcialmente a vista. Com o uso de trama branca, amplia-se a dispersão da luz no ambiente, porém obstrui-se a vista para o exterior (direita abaixo).

Figura 11: Percepção do KoolBlack com imagem fotorrealista à esquerda acima, KoolBlack preta à direita acima, KoolBlack cinza à esquerda abaixo e difusor branco à direita abaixo.



Fonte: Autores.

A avaliação do impacto visual estendeu-se também à aplicação de películas (Figura 12). A simulação contemplou uma película de tonalidade neutra e outra de pigmentação azulada. Observa-se que a película neutra atenua a iluminância global e restringe a visibilidade para o exterior de forma homogênea. Em contrapartida, a película pigmentada altera tanto a cor da iluminação quanto a fidelidade visual do exterior. Como ambas as películas comprometem a vista, seja pela restrição homogênea, seja pela alteração de cor, a percepção visual mais satisfatória permaneceu a da persiana KoolBlack preta.

Figura 12: Película neutra e colorida



Fonte: Autores.

CONCLUSÕES

Como o Palácio da Liberdade expõe seu acervo com janelas abertas, permitindo incidência solar direta sobre mobiliário e tecidos, avaliaram-se o risco de exposição e estratégias de mitigação com películas e persianas nas janelas. As intervenções propostas por simulação permitiriam mitigar o risco de foto deterioração do mobiliário nos ambientes abertos à visitação.

As intervenções foram analisadas de forma sequencial por meio de simulações computacionais, pela introdução de apenas um elemento e depois com o uso conjugado de películas e persianas. Os resultados mostram que o uso de película nos vidros associado ao uso de persianas conseguiria controlar a iluminância na maioria dos ambientes, mas considera-se que este uso pode alterar a ambiência, o efeito luminoso da luz natural e a qualidade da vista para o exterior. Neste sentido, foi feita avaliação por meio de imagens fotorrealistas do Salão do Couro, ambiente com acervo considerado de maior sensibilidade à exposição à iluminação. Neste estudo, a persiana que teve melhor desempenho para a manutenção da vista para o exterior foi a do tipo KoolBlack preta.

O objeto de estudo apresenta complexidade no aproveitamento de luz natural e para a manutenção de sua ambiência com a possibilidade de vista para o exterior. Como a edificação é tombada, não é possível introduzir elementos de controle como brises nas aberturas da fachada voltada a oeste, por exemplo.

Edificações históricas exigem adaptações reversíveis que compatibilizem a preservação da envoltória arquitetônica original com o rigoroso controle ambiental no uso de museu. O presente trabalho apresenta uma metodologia de avaliação de risco de exposição à luz natural de acervos em prédios históricos, a partir de análise criteriosa dos níveis de iluminação, das características do acervo e do layout de cada espaço que pode ser replicada para contextos semelhantes.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores Ana Beatriz Corrêa dos Santos e Yuri Scatrut Ribeiro de Andrade utilizaram o ChatGPT 5.5 (OpenAI) e Claude Opus 4.8 para revisão, tradução e melhoria de coesão do texto. Após a utilização das ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15215-3:** Iluminação natural – Parte 3: Procedimentos para avaliação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2024.

[2] WILHELM, Vera Regina Barbuy. O conflito entre exposição e conservação: a iluminação e as consequências na visualização das cores e na degradação dos materiais das obras de arte. 2015. **XI EHA – Encontro de História da Arte**, UNICAMP. PP 592-601. Disponível em: https://www.ifch.unicamp.br/eha/atas/2015/Vera%20Regina%20Barbuy%20Wilhelm.pdf. Acesso em: 13 março 2025.

[3] DILAURA, David L.; HOUSER, Kevin W.; MISTRICK, Richard G.; STEFFY, Gary R. **The lighting handbook**. 10. ed. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2011.

[4] AL-SALLAL, Khaled A.; ABOUELHAMD, Amira R.; BIN DALMOUK, Maitha. UAE heritage buildings converted into museums: evaluation of daylighting effectiveness and potential risks on artifacts and visual comfort. **Energy and Buildings**, v. 176, p. 333–359, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.067.

[5] ISMAIL, Mohamed Mostafa R.; NESSIM, Ashraf; FATHY, Fatma. Daylighting and energy consumption in museums and bridging the gap by multi-objective optimization. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 15, n. 10, 102944, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102944.

[6] MANGKUTO, Rizki A.; SIMAMORA, Tommy Partogi; PRATIWI, Desliana Putri; KOERNIAWAN, Mochamad Donny. Computational modelling and simulation to mitigate the risk of daylight exposure in tropical museum buildings. **Energy and Built Environment**, v. 5, n. 2, p. 171–184, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.09.001.

[7] PEREIRA, M. T. C. ; GONÇALVES, W. B. ; SOUZA, R. V. G. Problemática da iluminação na conservação preventiva de coleções em museus. **ENCAC 2021** - XVI Encontro Nacional e XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2021, Palmas - online. Anais do ENCAC 2021. Porto Alegre: ANTAC, 2021.

[8] LECCESE, Francesco; SALVADORI, Giacomo; TAMBELLINI, Giuseppe; KAZANASMAZ, Zehra Tugce. Application of climate-based daylight simulation to assess lighting conditions of space and artworks in historical buildings: the case study of cetacean gallery of the Monumental Charterhouse of Calci**. Journal of Cultural Heritage**, v. 46, p. 193–206, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.culher.2020.06.010.

[9] PALÁCIO DA LIBERDADE. **Palácio da Liberdade**. Disponível em: https://palaciodaliberdade.com.br/. Acesso em: 7 abr. 2026.

[10] IEPHA. **Palácio da Liberdade – Belo Horizonte**. Disponível em: https://www.iepha.mg.gov.br/index.php/programas-e-acoes/patrimonio-cultural-protegido/bens-tombados/details/1/73/bens-tombados-pal%C3%A1cio-da-liberdade. Acesso em: 21 maio 2025.

[11] 3M. **3M Data Sheet Prestige Exterior Series - Portuguese**. [Ficha técnica]. [S.l.]: 3M, jan. 2022. Disponível em: https://multimedia.3m.com/mws/media/2143791O/3m-data-sheet-prestige-exterior-series-portuguese.pdf?&fn=Data-Sheet_Prestige-Exterior-Series_RevB_Jan22_R1.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

[12] EPIC GAMES. **Unreal Engine Materials**. [S. l.]: Epic Games, 2024b. Disponível em: https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/unreal-engine-materials. Acesso em: 27 abr. 2026.

[13] EPIC GAMES. **Path Tracer in Unreal Engine**. [S. l.]: Epic Games, 2024a. Disponível em: https://dev.epicgames.com/documentation/unreal-engine/path-tracer-in-unreal-engine. Acesso em: 27 abr. 2026.