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.v21i1.8544

Impacto do sombreamento de entorno na iluminação natural de uma biblioteca em Joinville - SC

Impact of surrounding shading on daylighting in a library in Joinville - SC

Fernanda Luiza Franco
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC | Joinville | Brasil | fernandaluiza.f@hotmail.com
Americo Hiroyuki Hara
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC | Laguna | Brasil | americo.hara@udesc.br

Resumo
A iluminação natural em bibliotecas é essencial ao conforto visual em atividades de leitura prolongada, mas pode ser fortemente comprometida pelo sombreamento do entorno, problema ainda pouco investigado em edifícios escolares sob clima subtropical úmido. Este estudo avalia a iluminação natural da biblioteca do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), em Joinville, SC, por meio de simulação dinâmica, com o objetivo de quantificar o impacto do sombreamento do entorno e propor soluções arquitetônicas. A modelagem foi realizada no Rhinoceros e as simulações no Grasshopper com Ladybug e Honeybee, adotando-se o intervalo de Iluminância Útil da Luz Natural (UDI) de 500–2.000 lux para pelo menos 50% das horas ocupadas, referente à área de leitura. Os resultados mostraram que mais de 80% da área apresenta iluminação insuficiente na condição atual, a remoção do sombreamento elevou a área com UDI de 20% para até 66%, mas sem dispensar a iluminação artificial. Os resultados quantificam o quanto o entorno reduz a luz natural da biblioteca e indicam que a readequação do espaço depende de intervenções combinadas, não do simples aumento das janelas.

Palavras-chave: Daylighting. Simulação computacional. Conforto visual. UDI espacial.

Abstract
Daylighting in libraries is essential for visual comfort during prolonged reading, yet it can be severely reduced by surrounding shading, an issue still underexplored in educational buildings under a humid subtropical climate. This study assesses the daylighting of the library of the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC), in Joinville, Brazil, through dynamic simulation, aiming to quantify the impact of surrounding shading and to propose architectural solutions. Modelling was carried out in Rhinoceros and simulations in Grasshopper with Ladybug and Honeybee, adopting a Useful Daylight Illuminance (UDI) range of 500–2,000 lux for at least 50% of occupied hours, referring to the reading area. Results showed that more than 80% of the floor area is insufficiently lit under current conditions, removing the shading raised the adequately lit area from 20% up to 66%, yet without eliminating the need for artificial lighting. The study highlights the weight of the surroundings on library daylighting under predominantly diffuse skies and supports the retrofitting of the studied space.

Keywords: *Daylighting. Computational simulation. Visual comfort. Spatial UDI.*

Como citar:
FRANCO, Fernanda Luiza; HARA, Americo Hiroyuki. Impacto do sombreamento de entorno na iluminação natural de uma biblioteca em Joinville - SC. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8544

INTRODUÇÃO

A integração da luz natural em projetos arquitetônicos é amplamente justificada por diversos fatores como a sua qualidade, a conexão visual com o exterior, a conservação de recursos naturais, a redução do consumo de energia elétrica e os benefícios psicológicos e fisiológicos que proporciona [1]. Contudo, a ausência de um estudo adequado de iluminação natural pode resultar em desconforto visual, manifestado pelo excesso de luz, ofuscamento ou áreas sub iluminadas [1].

No contexto de maximização do aproveitamento da luz natural, o conforto térmico e o visual são aspectos cruciais. A análise das características de fechamentos e aberturas de edificações, associada a simulações computacionais, é uma ferramenta essencial para avaliar as condições térmicas e de iluminação do ambiente construído. Essas avaliações são fundamentais para embasar políticas públicas e revisar diretrizes para a construção de novos edifícios [2].

Apesar da relevância da luz natural para o conforto dos ocupantes e a eficiência energética das edificações, o Brasil ainda avança no desenvolvimento de diretrizes e estudos que possam orientar projetistas na otimização da luz natural nos ambientes internos [3][4]. Atualmente, as avaliações de iluminação natural em projetos arquitetônicos seguem normativas que oferecem suporte ao desenvolvimento do projeto, utilizando cálculos e/ou simulações [5], com base em parâmetros estipulados pelas normas vigentes. Cabe registrar que a NBR 5413 foi cancelada e substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1 [6], atualmente em vigor para iluminação de interiores [7].

Embora alguns projetistas já incorporem essas análises, a fiscalização quanto ao cumprimento das normas ainda é limitada. Em casos de empreendimentos que buscam certificações de sustentabilidade, como a AQUA-HQE, os guias técnicos especificam exigências verificadas por órgãos acreditados, responsáveis pelas auditorias que garantem a conformidade com os requisitos técnicos [8].

A literatura recente que emprega o método UDI evidencia o peso do entorno na disponibilidade de luz natural, mas concentra-se em usos residenciais. Erzinger e Hara [9] demonstraram, em apartamentos em Porto Alegre–RS, que uma edificação vizinha pode reduzir em cerca de 50% a área com UDI adequado, sob o intervalo de 200–3.000 lux. Melo et al. [10] aplicaram o método a uma residência em Açailândia–MA, sob clima tropical, articulando iluminação natural e conforto térmico e adotando o intervalo de 300–3.000 lux. Ambos revelam que os limites de UDI não são consensuais e variam conforme o uso e a norma de referência. Persiste, contudo, uma lacuna: são escassos os estudos que aplicam o UDI a edifícios de uso escolar como bibliotecas em clima subtropical úmido, no qual a predominância de luz difusa amplifica o efeito da obstrução externa.

Diante desse cenário, a questão que orienta a pesquisa é: em que medida o sombreamento do entorno compromete a iluminação natural útil de uma biblioteca em Joinville e que estratégias arquitetônicas poderiam mitigá-lo? Assim, o objetivo deste trabalho é analisar, por meio de simulação computacional, a iluminância natural útil da biblioteca do IFSC Joinville, quantificando os impactos do sombreamento do

entorno e avaliando o efeito da ampliação das aberturas sobre a disponibilidade de luz natural.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ILUMINAÇÃO NATURAL EM BIBLIOTECAS

As bibliotecas exigem atenção específica quanto à iluminação, tendo em vista que a leitura prolongada é uma tarefa visual de alta demanda. A NBR ISO/CIE 8995-1 [6] diferencia, dentro de uma biblioteca, a iluminância mantida requerida para a área de leitura e para o balcão de atendimento (500 lux) daquela das estantes (200 lux). Por serem ambientes de permanência prolongada e, frequentemente, de grande profundidade, tornam-se especialmente sensíveis ao sombreamento do entorno, o que justifica sua avaliação por métricas dinâmicas de luz natural.

De modo mais amplo, edificações de uso educacional influenciam diretamente o bem-estar dos usuários. A luz natural está associada a maior concentração, ambientes menos estressantes e com melhor desempenho acadêmico [11]. Lakhdari, Sriti e Painter [11] demonstraram, por otimização paramétrica de salas de aula, que a geometria das aberturas condiciona conjuntamente o desempenho luminoso, térmico e energético o que mostra por que a luz natural precisa ser avaliada ainda no projeto.

FATORES DE INFLUÊNCIA NA ILUMINAÇÃO NATURAL

Os principais fatores que influenciam o aproveitamento da iluminação natural incluem a orientação das fachadas, as dimensões das aberturas e o tipo de vidro, os índices de reflexão dos materiais internos e a presença de elementos externos, como edificações vizinhas, vegetação e o revestimento das fachadas e do solo. A localização geográfica determina, ainda, a necessidade de elementos de sombreamento conforme a orientação das fachadas [1].

O revestimento das fachadas e do piso externo pode refletir a luz, e superfícies especulares ou de alta refletância podem causar ofuscamento. Por outro lado, edificações vizinhas e vegetação podem gerar sombreamento e reduzir a iluminação interior, ao obstruir a parcela da abóbada celeste que mais contribui para a luz natural [8].

Os elementos de sombreamento desempenham, portanto, um papel duplo, pois enquanto limitam a radiação solar e auxiliam no controle térmico, reduzem a iluminação natural. Leder, Pereira e Claro [8] propõem parâmetros de "janela de céu preferível" para o controle dessa disponibilidade em meio urbano, evidenciando que a avaliação do entorno deve anteceder decisões de projeto.

ILUMINÂNCIA ÚTIL DA LUZ NATURAL (UDI)

A avaliação da luz natural, embora complexa, vem sendo facilitada por softwares de simulação, que permitem análises e ajustes ainda na fase de projeto [5]. A

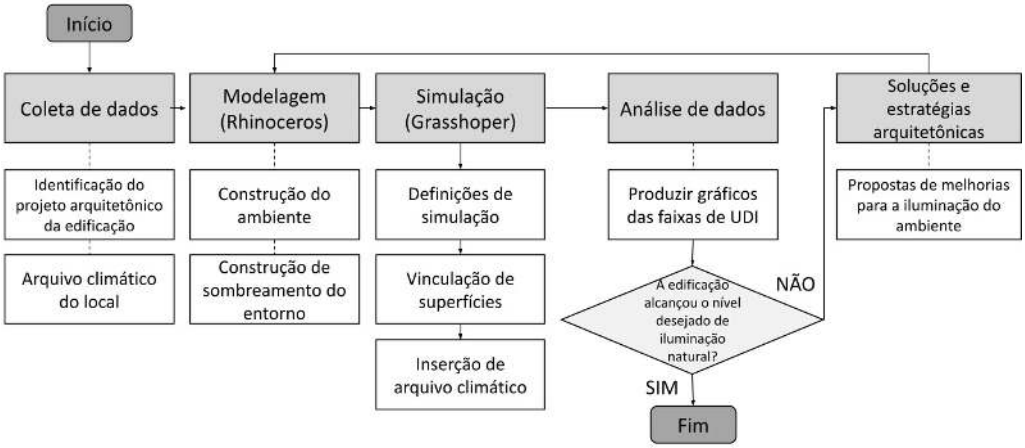
disponibilidade anual pode ser estimada a partir de arquivos climáticos, e um conceito central para essa análise é a Iluminância Útil da Luz Natural (Useful Daylight Illuminance – UDI), proposto por Nabil e Mardaljevic [12].

O UDI classifica a iluminação em faixas insuficiente, a partir do percentual de horas em que cada ponto permanece dentro do intervalo definido. Não há consenso quanto aos limites, reportam-se intervalos de 100–2.000 lux [12], 200–3.000 lux [9] e 300–3.000 lux [10], conforme o uso e a norma adotada. Além do UDI temporal, considera-se o UDI espacial, que identifica o percentual da área do recinto que atende a um critério usualmente permanecer pelo menos 50% das horas dentro do intervalo adotado [13], representando a proporção da área útil do piso beneficiada por luz natural adequada durante a maior parte do ano.

METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de caráter quantitativo, baseado em simulação computacional dinâmica de iluminação natural [9][10]. O procedimento foi estruturado em cinco etapas: coleta de dados, modelagem no Rhinoceros, simulação no Grasshopper, análise de dados e proposição de soluções arquitetônicas, conforme a Figura 1.

Figura 1: Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Os autores.

Adotou-se o intervalo de UDI entre 500 e 2.000 lux. O limite inferior de 500 lux corresponde à iluminância mantida estabelecida pela NBR ISO/CIE 8995-1 [6] para a área de leitura da biblioteca (distinta dos 200 lux previstos para as estantes). O limite superior de 2.000 lux foi adotado por representar o patamar acima do qual cresce a probabilidade de ofuscamento e excesso de luminância no plano de trabalho, critério estritamente luminoso, sem relação com desempenho térmico. Considerou-se adequada, como critério de UDI espacial, a área do piso que permanece nesse intervalo em pelo menos 50% das horas ocupadas.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8544

DEFINIÇÃO DO AMBIENTE

O objeto de estudo foi a biblioteca do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Joinville, localizada no pavimento térreo do Bloco VI. A Figura 2 apresenta a vista aérea do Instituto Federal de Santa Catarina e a localização do Bloco VI, e a Figura 3 apresenta a planta baixa do pavimento térreo e o corte transversal com a biblioteca destacada. A biblioteca possui área de 270 m², distribuída em recepção, guarda-volumes, estantes e mesas de estudo, com pé-direito de 4,32 m.

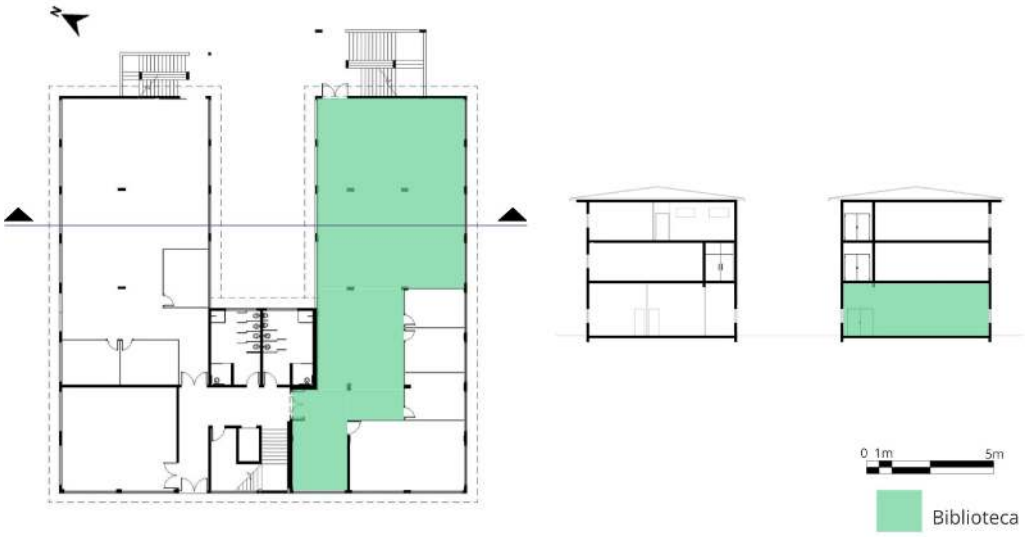
Joinville situa-se na Zona Bioclimática 3 (NBR 15220-3) e apresenta clima subtropical úmido, com elevada umidade relativa e forte nebulosidade ao longo do ano, o que implica predominância de céu encoberto e de iluminação difusa cenário em que a obstrução parcial da abóbada celeste pelo entorno tende a reduzir de forma expressiva a luz interior.

Figura 2: Vista aérea do IFSC Joinville



Fonte: Adaptado de [14].

Figura 3: Planta baixa do pavimento térreo e corte transversal da edificação



Fonte: Os autores.

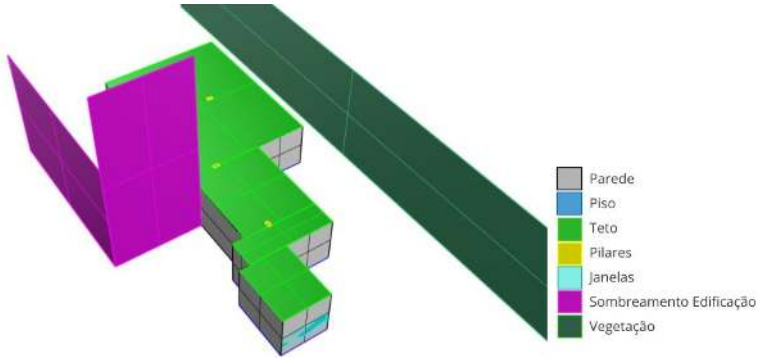
A edificação está orientada a 66° em relação ao norte, no sentido anti-horário, com aberturas na fachada frontal (sudoeste), na fachada lateral direita (sudeste) e na fachada lateral esquerda (noroeste).

O Bloco VI foi construído de forma integrada ao Bloco V, resultando em volumetria em "U". Essa configuração projeta sombreamento na fachada lateral esquerda da biblioteca, voltada para o noroeste. A fachada direita, por sua vez, encontra-se a 3,70m de uma área de vegetação de porte médio a grande, analisada quanto ao seu impacto sobre a iluminação natural.

SIMULAÇÃO DA ILUMINÂNCIA ÚTIL DA LUZ NATURAL

A modelagem foi realizada no Rhinoceros a partir das dimensões do projeto arquitetônico, incluindo o volume do ambiente e os sombreamentos do entorno. As superfícies que completam o "U" foram representadas em magenta e o plano de vegetação em verde escuro (Figura 4).

Figura 4: Modelagem do ambiente no Rhinoceros



Fonte: Os autores.

As simulações empregaram o plugin Grasshopper com as ferramentas Ladybug e Honeybee, que utilizam o motor de cálculo Radiance para a simulação dinâmica anual. As faces da geometria foram vinculadas aos componentes, aos quais se atribuíram os valores de refletância e transmitância do Quadro 1.

Como arquivo climático, utilizaram-se os dados de Itapoá, estação mais próxima com arquivo EPW disponível. Reconhece-se, como limitação, que Itapoá é cidade litorânea situada a cerca de 40 km de Joinville, embora pertençam à mesma zona bioclimática, podem existir pequenas diferenças de nebulosidade e latitude. Adotou-se essa aproximação de forma análoga a Melo et al. [10], que utilizaram dados de Imperatriz para uma edificação em Açailândia por semelhança climática.

O plano de trabalho foi posicionado a 0,75 m do piso, altura usual para mesas de leitura, e a malha de pontos foi gerada com fator de espaçamento de 0,80 m. Quanto menor o fator, maior a densidade de pontos e a resolução, o valor de 0,80 m representa um compromisso entre precisão e tempo de processamento. Recomenda-se, em estudos futuros, o refinamento da malha (por exemplo, 0,25 m, como em [9]).

Variável		Dados
Refletância	Parede	0,60
	Piso	0,50
	Teto	0,80
Transmitância	Vidro	0,75
Orientação do ambiente		-66° Norte
Arquivo climático		https://energyplus-weather.s3.amazonaws.com/ south_america_wmo_region_3/BRA/ BRA_SC_Itapoa.869470_INMET/ BRA_SC_Itapoa.869470_INMET.zip
Fator da malha de pontos		0,80

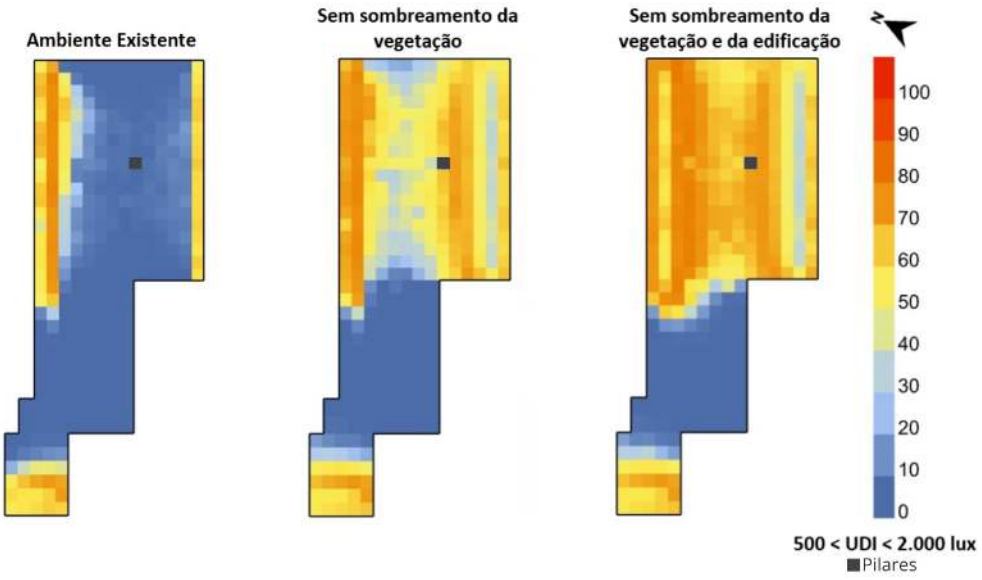
Quadro 1: Dados de entrada para a simulação no Grasshopper

Fonte: Os autores.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A simulação gerou gráficos de UDI que facilitam a visualização da distribuição da luz natural em função do percentual de horas do ano. A Figura 5 apresenta os gráficos para o intervalo de 500–2.000 lux nas três condições analisadas.

Figura 5: Gráfico de UDI da biblioteca (500 < UDI < 2.000 lux)



Fonte: Os autores.

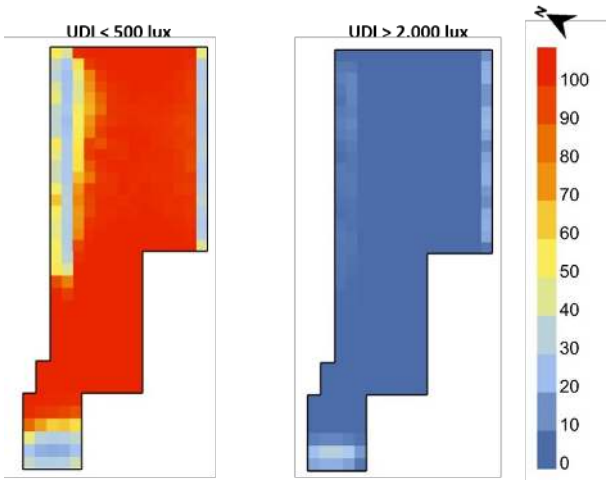
No ambiente existente, que reproduz a situação real com o sombreamento da própria edificação e da vegetação, a maior parte dos pontos apresenta disponibilidade inferior a 20% das horas do ano, pequenas faixas próximas às aberturas atingem de 50% a 80%.

No cenário "sem sombreamento da vegetação", há acréscimo de 40% a 80% nas horas com iluminação útil, restando apenas a área central com valores inferiores a 10% das horas. No cenário "sem sombreamento da vegetação e da edificação", a

disponibilidade aumenta ainda mais, os pontos em cinza correspondem aos pilares internos.

A partir dessas simulações, geraram-se as condições complementares de UDI abaixo de 500 lux e acima de 2.000 lux (Figura 6), confirmando que a maior parte da biblioteca permanece cerca de 90% das horas do ano abaixo de 500 lux.

Figura 6: Gráfico de UDI da biblioteca, iluminâncias acima de 2.000 lux e abaixo de 500 lux

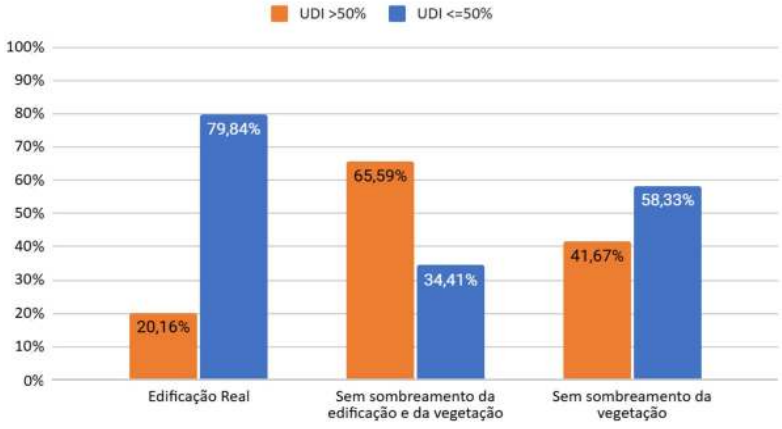


Fonte: Os autores.

Calcularam-se, então, os percentuais de área do piso com UDI (500–2.000 lux em pelo menos 50% das horas) nas três condições (Figura 7). Cabe distinguir duas métricas: o percentual de área com UDI adequado e o percentual de horas abaixo de 500 lux não são equivalentes e não devem ser lidos de forma intercambiável.

O ambiente existente apresenta 20,16% da área com UDI espacial adequado, sem o sombreamento da vegetação, 41,67%, e sem o sombreamento da vegetação e da edificação, 65,59%. Isso corresponde a acréscimos de cerca de 21,5 e 45,4 pontos percentuais em relação à condição atual, respectivamente. Esses resultados são coerentes com os de Erzinger e Hara [9], que reportam redução em torno de 50% da área útil por obstrução do entorno em ambiente residencial.

Figura 7: Percentual de área do piso para UDI 500-2.000 lux com 50% de horas do ano



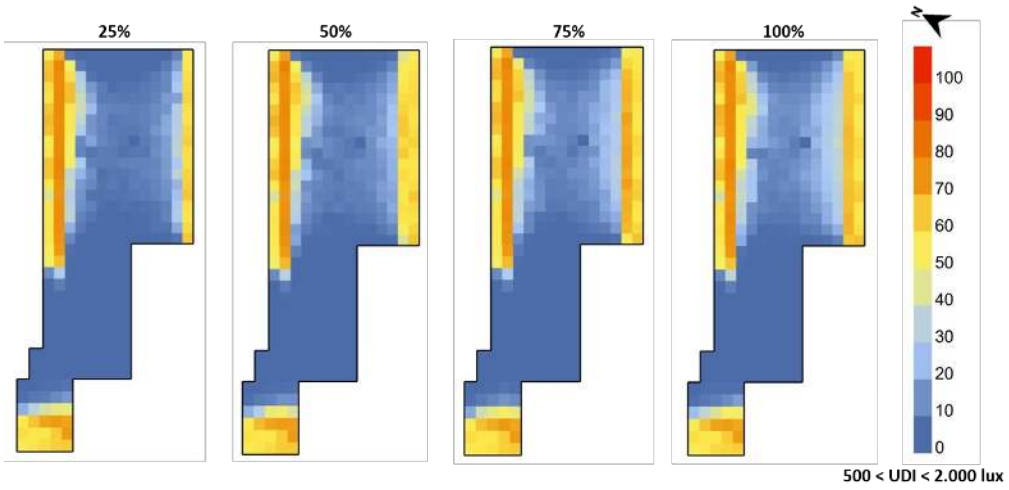
Fonte: Os autores.

Diante da insuficiência de luz natural, e considerando que a maior disponibilidade de luz reduz o uso de iluminação artificial e o consumo de energia, elaborou-se uma proposta de alteração arquitetônica na fachada mais afetada.

A fachada lateral direita é a mais afetada pelo sombreamento do entorno. Suas aberturas originais possuem 1,10 m de altura e peitoril de 1,00 m, distribuídas ao longo da fachada. A ampliação foi realizada aumentando a altura das janelas para cima (em direção ao pé-direito de 4,32 m), mantendo o peitoril de 1,00 m e a largura original, de modo a acrescer 25%, 50%, 75% e 100% à área envidraçada existente. Iniciando de 1,10 m de altura, as janelas passaram a 1,38 m (+25%), 1,65 m (+50%), 1,93 m (+75%) e 2,20 m (+100%), com a permanência do peitoril de 1,00 m e a largura original. A Figura 8 apresenta a distribuição de UDI resultante.

Os resultados mostraram que, quanto maior a área de abertura, maior a porcentagem de horas com iluminação natural, ainda assim, os valores não ultrapassaram 40% das horas do ano.

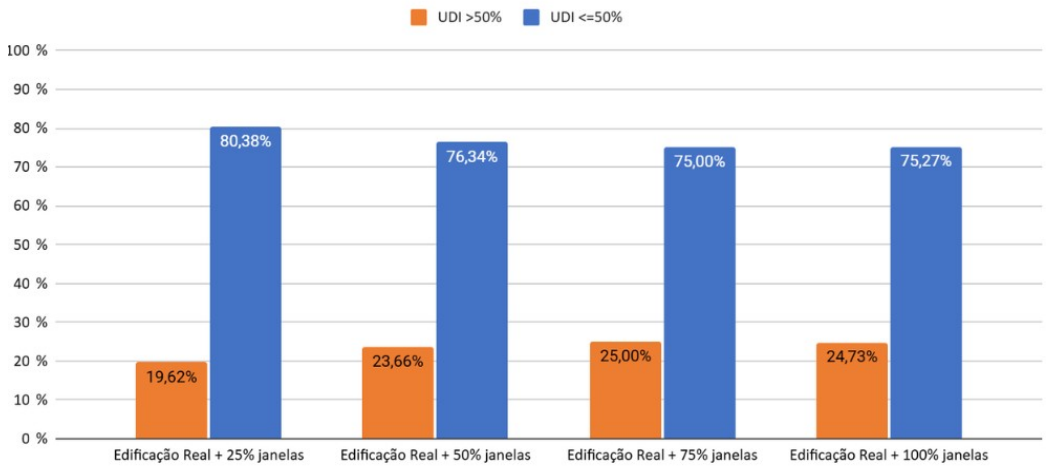
Figura 8: Gráfico de UDI da biblioteca: Alteração de aberturas



Fonte: Os autores.

Em termos de UDI espacial (Figura 9), o acréscimo de 25% na área de abertura mantém 19,62% da área com UDI adequado, com 50%, alcança 23,66%, com 75%, 25,00%, e com 100%, 24,73%. Esses ganhos não são suficientes para atingir 50% da área do piso com UDI adequado, indicando que a ampliação isolada das aberturas não resolve o déficit, a região central praticamente não variou entre as simulações.

Figura 9: Percentual de área do piso para UDI 500-2.000 lux com 50% de horas do ano: Alteração de aberturas



Fonte: Os autores.

Considerando a iluminância mantida de 500 lux estabelecida pela NBR ISO/CIE 8995-1 [6] para a área de leitura, conclui-se que o ambiente necessita de iluminação artificial complementar, sobretudo na região central, em decorrência das condições de sombreamento do entorno.

CONCLUSÃO

A análise revelou que, em sua condição atual, a biblioteca do IFSC não atende à iluminância mantida de 500 lux recomendada pela NBR ISO/CIE 8995-1 [6] para a área de leitura: mais de 80% da área apresenta iluminação natural insuficiente, o que exige iluminação artificial complementar, especialmente na região central.

O sombreamento da própria edificação e da vegetação impacta fortemente a distribuição da luz natural. Sua remoção elevou a área com UDI de 20,16% para até 65,59%, sem, contudo, dispensar a iluminação artificial. A ampliação das aberturas da fachada lateral direita, embora favorável, não elevou o UDI acima de 500 lux além de 40% das horas do ano, mesmo com aumentos expressivos de área envidraçada.

O estudo leva a um edifício escolar, uma biblioteca em clima subtropical úmido, o que antes estava restrito a usos residenciais [9][10], considerando que a obstrução do entorno é um determinante da luz natural interna. Os resultados justificam a adequação do ambiente estudado.

Reconhecem-se como limitações o uso de arquivo climático de município vizinho, a ausência de medições in loco para calibração do modelo e a adoção de malha relativamente ampla. Para trabalhos futuros, recomendam-se o refinamento da malha, a medição de iluminância no ambiente real, a avaliação de estratégias complementares prateleiras de luz, aberturas zenitais, maior refletância das superfícies internas, manejo da vegetação), além da análise conjunta do desempenho térmico, de modo a equilibrar ganhos de luz e de calor.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] CARVALHO, C. R. **Avaliação do programa Apolux segundo protocolos do relatório CIE 171:2006 referentes à iluminação natural**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

[2] CHEPP, E. D.; GASPARIN, F. P. **Análise de medidas de eficiência térmica no consumo energético e conforto térmico de uma edificação.** Revista Eletrônica Científica Da UERGS, v. 5, n. 3, p. 236-249, 2019.

[3] ALBUQUERQUE, M. S.; AMORIM, C. N. **Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 37-57, abr./jun. 2012. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

[4] LEAL, L. de Q.; LEDER, S. M. **Iluminação natural e ofuscamento: estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 97-117, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400296

[5] ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** Rio de Janeiro, p. 36. 2005.

[6] ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho parte 1: interior.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[7] ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

[8] LEDER, S. M.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. **Janela de Céu Preferível: proposição de um parâmetro para controle da disponibilidade de luz natural no meio urbano.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 89-104, jan./mar. 2008.

[9] ERZINGER, L. K.; HARA, A. H. **Impacto do sombreamento vizinho na iluminação natural em apartamentos em Porto Alegre – RS.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais [...]. Maceió: ANTAC, 2024.

[10] MELO, L. N.; HARA, A. H.; HACKENBERG, A. M. **Avaliação do cumprimento de estratégias de conforto térmico e uso de iluminação natural em uma residência de Açailândia-MA.** IMPACT projects, Santana do Araguaia, v. 3, n. 1, p. 15-30, mar. 2024.

[11] LAKHDARI, K.; SRITI, L.; PAINTER, B. **Parametric optimization of daylight, thermal and energy performance of middle school classrooms, case of hot and dry regions**. Building and Environment, v. 204, 108173, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108173.

[12] NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings.** Lighting Research & Technology, v. 37, n. 1, p. 41–57, mar. 2005. DOI: https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa.

[13] NEW BUILDING INSTITUTE (Estados Unidos) (comp.). **Daylighting Pattern Guide: useful daylight illuminance.** Useful Daylight Illuminance. 2021. Disponível em: https://patternguide.advancedbuildings.net/using-this-guide/analysis-methods/useful-daylight-illuminance.html. Acesso em: 20 jan. 2025.

[14] GOOGLE. Google Maps: IFSC Câmpus Joinville. [S. l.]: Google, 2025. Disponível em: https://www.google.com/maps. Acesso em: 21 jan. 2025.