IMPACTO DO ADENSAMENTO URBANO NA MÉTRICA ILUMINÂNCIA ÚTIL DA LUZ DO DIA PARA A LATITUDE 30°S

IMPACT OF URBAN DENSIFICATION ON USEFUL DAYLIGHT ILLUMINANCE FOR LATITUDE 30°S

Ingrid Garcia Cortes 1; Giane de Campos Grigoletti 2; Elaise Gabriel 3.

1Arquiteta e Urbanista | ingridgarciacortes@gmail.com | UFSM | Santa Maria RS, Brasil; 2Doutora | giane.c.grigoletti@ufsm.br | UFSM | Santa Maria RS, Brasil; 3Doutora | elaise.gabriel@ufsm.br | UFSM | Santa Maria RS, Brasil.

Resumo:
A iluminação natural, fundamental para a eficiência energética, promoção da saúde, bem-estar e conforto ambiental, é impactada pelo adensamento urbano e pela verticalização, que podem restringir ou amplificar sua incidência em áreas densamente construídas. Este estudo analisou a disponibilidade de luz natural em uma edificação multifamiliar de 24 metros de altura em Santa Maria, RS, utilizando simulações no software DesignBuilder para três pavimentos (1º, 4º e 8º) e quatro orientações (norte, sul, leste e oeste), com base na métrica UDI. Os resultados indicaram que os pavimentos superiores apresentam melhor desempenho devido à menor interferência de obstruções externas. No entanto, a orientação influenciou significativamente a distribuição da iluminância útil, com a face norte exibindo maiores áreas fora da faixa ideal, sugerindo risco de ofuscamento. Esses achados destacam a importância de considerar tanto a altura quanto a orientação das aberturas na busca por um aproveitamento eficiente da iluminação natural.

Palavras-chave:
Iluminação natural; UDI; DesignBuilder; Adensamento urbano.

Abstract:
Daylighting, essential for energy efficiency, health promotion, well-being, and environmental comfort, is affected by urban densification and verticalization, which can either restrict or amplify its incidence in densely built areas. This study analyzed the availability of natural light in a 24-meter-high multifamily building in Santa Maria, RS, using simulations in the DesignBuilder software for three floors (1st, 4th, and 8th) and four orientations (north, south, east, and west), based on the UDI metric. The results indicated that upper floors perform better due to less interference from external obstructions. However, orientation significantly influenced the distribution of useful illuminance, with the north-facing side showing ting larger areas outside the ideal range, suggesting a risk of glare. These findings highlight the importance of considering both the height and the orientation of openings to achieve an efficient use of daylighting.

Keywords:
Daylighting; UDI; DesignBuilder; Urban densification.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural, proveniente de fontes como luz solar direta, luz difusa do céu e reflexões do ambiente externo, é fundamental para reduzir o uso de iluminação artificial, melhorar o conforto visual e promover eficiência energética em edificações (NBR 15215-1, 2024). Além desses benefícios, regula o ritmo circadiano humano, impactando funções fisiológicas como frequência cardíaca e síntese de vitamina D (Edwards; Torcellini, 2002). A ausência de luz natural direta também traz desafios, como aumento no consumo energético, problemas de higienização e possíveis prejuízos à saúde, como maior exposição a estressores e redução da imunidade. Assim, admitir luz natural nos ambientes requer estratégias que equilibram aproveitamento e controle, evitando excessos ou deficiências (Fonseca, 2007; Hoppe, 2016).

No entanto, o adensamento urbano e a verticalização das cidades influenciam diretamente a qualidade da iluminação natural dos ambientes internos, especialmente em áreas densamente construídas. Elementos urbanos como altura de edifícios, largura das vias e propriedades refletivas das superfícies externas podem limitar ou amplificar o acesso à luz natural, afetando conforto e funcionalidade (Robbins, 1986; Hoppe, 2016).

As tentativas de criar ferramentas que permitam analisar de forma abrangente o desempenho luminoso das edificações têm se multiplicado ao longo das últimas décadas e se tornado cada vez mais sofisticadas (Reinhart et al., 2006). Métricas de iluminação natural têm o propósito de classificar o desempenho das edificações através de medidas relacionadas, com a finalidade de informar sobre aspectos quantitativos, qualitativos e de eficiência energética das construções (Pereira, 2017). As métricas dinâmicas de iluminação natural, como a Autonomia Espacial da Luz do Dia (sDA), Iluminância Útil da Luz do Dia (UDI) e Exposição Solar Anual (ASE), desempenham um papel fundamental na avaliação e otimização da qualidade da luz em ambientes construídos (Nabil; Mardaljevic, 2006). Juntas, essas métricas fornecem uma abordagem ampla e detalhada para entender e melhorar o desempenho da iluminação natural, promovendo ambientes mais confortáveis, eficientes e sustentáveis.

Este artigo aborda a relação entre iluminação natural e adensamento urbano, com foco em uma edificação multifamiliar de 24 metros de altura localizada em Santa Maria, RS. São apresentados os efeitos da orientação solar em três pavimentos do edifício, utilizando a métrica Iluminância Útil da Luz do Dia (UDI). As simulações foram realizadas no *software* DesignBuilder, respeitando as normas municipais de uso e ocupação do solo, buscando identificar soluções que promovam uma iluminação natural eficiente e sustentável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Quando utilizada de forma equilibrada, a luz natural desempenha um papel essencial na promoção da saúde, do bem-estar e do conforto dos usuários. Além disso, seu aproveitamento contribui significativamente para a redução do consumo de energia elétrica associado à iluminação artificial, favorecendo um desenvolvimento mais eficiente e sustentável tanto dos ambientes internos quanto do espaço urbano como um todo (Garrocho, 2005).

A iluminação natural, portanto, é frequentemente integrada em edifícios para economizar energia. Contudo, conhecer o comportamento da fonte de luz é o primeiro passo para possibilitar a previsão do aproveitamento da luz natural em um projeto (Majoros, 1998; Mardaljevic, 2000). Na arquitetura, a incidência excessiva de luz solar direta nos ambientes internos pode causar desconforto térmico e visual. Aproveitar a luz natural de maneira eficiente requer controle adequado, a fim de evitar problemas como o aumento de calor, o ofuscamento e a deterioração dos materiais (Hoppe, 2016).

No entanto, a ausência de luz solar direta nos espaços internos também traz diversos desafios, que vão além das questões relacionadas à higienização dos ambientes — fator que pode contribuir para surtos de doenças. Há ainda implicações econômicas, tanto no consumo de energia quanto nos custos financeiros. Assim, uma iluminação inadequada pode atuar como um agente estressor,

gerando efeitos negativos ao usuário, como ofuscamento, aquecimento excessivo, queimaduras, exposição prolongada à radiação UV e até redução da imunidade (Fonseca, 2007; Hoppe, 2016).

Diante desse contexto, torna-se essencial adotar soluções que favoreçam o aproveitamento da iluminação natural em áreas residenciais urbanas. Entre as abordagens possíveis, destacam-se o planejamento urbano eficaz e a aplicação de estratégias projetuais que valorizem essa importante ferramenta bioclimática. A configuração urbana exerce influência direta sobre a entrada de luz natural nos ambientes internos, uma vez que essa distribuição depende de diversos fatores, como a quantidade e variabilidade da luz disponível (influenciada pelas condições atmosféricas locais), a presença de obstruções externas, o tamanho, a orientação e o posicionamento das aberturas, além de aspectos como suas características construtivas, as propriedades ópticas dos envidraçados, a geometria dos espaços e a refletância das superfícies internas (NBR 15215-3, 2024).

Diversas pesquisas nacionais e internacionais têm explorado a influência do adensamento urbano na disponibilidade de luz natural em edificações residenciais. No estudo realizado por Beck (2020), os resultados de desempenho possibilitaram prever o comportamento da iluminação natural no interior dos ambientes, em uma área adensada de Florianópolis. Rosa (2021), analisou o comportamento da iluminação natural no ambiente interno em diferentes situações de obstrução. A influência das condições climáticas de cada localidade e orientação solar permitiu analisar de que forma o posicionamento das obstruções, a reflexão das superfícies externas e a existência de vazios urbanos pode gerar ganhos de iluminação natural no ambiente interno.

Dessa forma, essas pesquisas fornecem uma visão abrangente da influência do adensamento urbano na disponibilidade de luz natural em edificações e da usabilidade de *softwares* para as análises de desempenho lumínico.

3. MÉTODO

O estudo foi dividido em 4 etapas básicas: (1) caracterização do objeto de estudo; (2) definição dos cenários; (3) simulações; e (4) análise dos resultados. O método baseou-se em simulações computacionais com o *software* DesignBuilder, versão 7.0.2.006 (DesignBuilder, 2024).

A primeira compreende as características e propriedades físicas da edificação, e a definição dos parâmetros a serem utilizados nas simulações. As simulações levaram em conta um ambiente de sala de estar + jantar de 20m², com superfícies de reflectância 80%, situado no 1º, no 4º e no 8º pavimento, com janela para captação de luz natural de 2,0m de largura por 1,20m de altura e peitoril de 1,10m, nas orientações norte, sul, leste e oeste (Figura 1). A segunda etapa inclui a definição dos cenários, considerando as características do ambiente de referência, na cidade de Santa Maria – RS, latitude 29°43’S, longitude 53°50’W (IBGE, 2020). Foram definidas as obstruções externas e as reflectâncias das superfícies externas, assumindo-se valores de 60% e 20% para paredes, e albedo de 20%, e a configuração do cenário, conforme Figura 2. Na terceira etapa, foram inseridos os parâmetros no DesignBuilder e, por fim, realizadas as simulações.

O DesignBuilder usa o método Radiance (raio traçado ou *ray-tracing*) (DesignBuilder, 2024). Foi utilizada uma malha (grid) com 400 pontos, distanciados entre si por 0,30 m. A divisão da malha atende ao formato de quadrado e sua altura é de 0,75 em relação ao piso, conforme orientado pela NBR 15215-4 (ABNT, 2024). O nível de detalhamento do modelo foi configurado como de alta qualidade (High quality), o que influenciou as configurações avançadas e, assim, os resultados das simulações. Uma programação diária de uso do ambiente foi configurada das 8h às 18h, e foram consideradas 4 reflexões, 1.024 divisões ambientais e resolução do ambiente de 512. Para as simulações deste estudo, foram consideradas opções anuais, que levam em conta o clima ao decorrer do ano todo, com base no arquivo climático.

A quarta etapa diz respeito às avaliações segundo a métrica UDI, considerando-se, como valor de referência limites entre 100 e 3.000 lux, sendo subdividida em UDI suplementar (100 a 300 lux) e UDI autônomo (300 a 3.000 lux), este último indicando situações em que a iluminação artificial não é necessária (Mardaljevic; Andersen, 2012).

A seguir, as Figuras 1 e 2, que evidenciam um ambiente interno representativo e a configuração de ocupação urbana adotada para o objeto de estudo, juntamente com as obstruções externas. A configuração urbana é genérica, pois trata-se de um estudo de influência de parâmetros pré-estabelecidos sobre variáveis ligadas à iluminação natural e, portanto, não representa uma situação real do meio urbano.

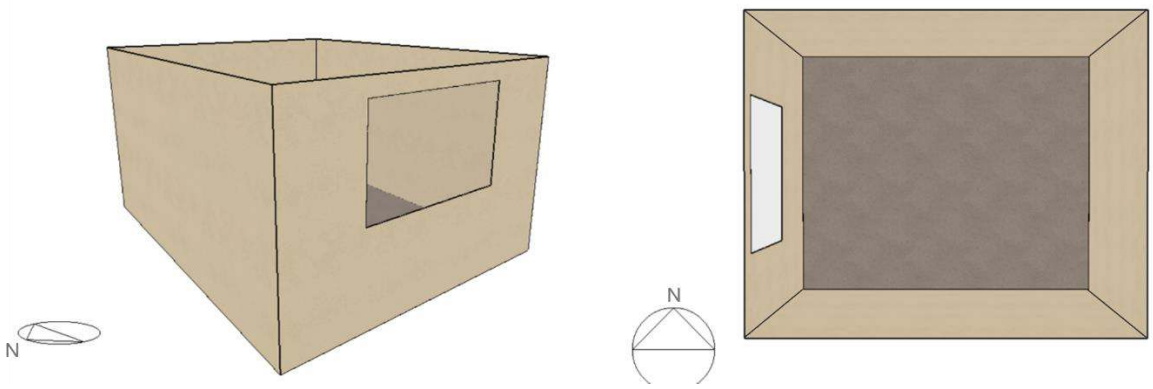

Figura 1: Representação do ambiente interno simulado.
Fonte: os autores (2025).

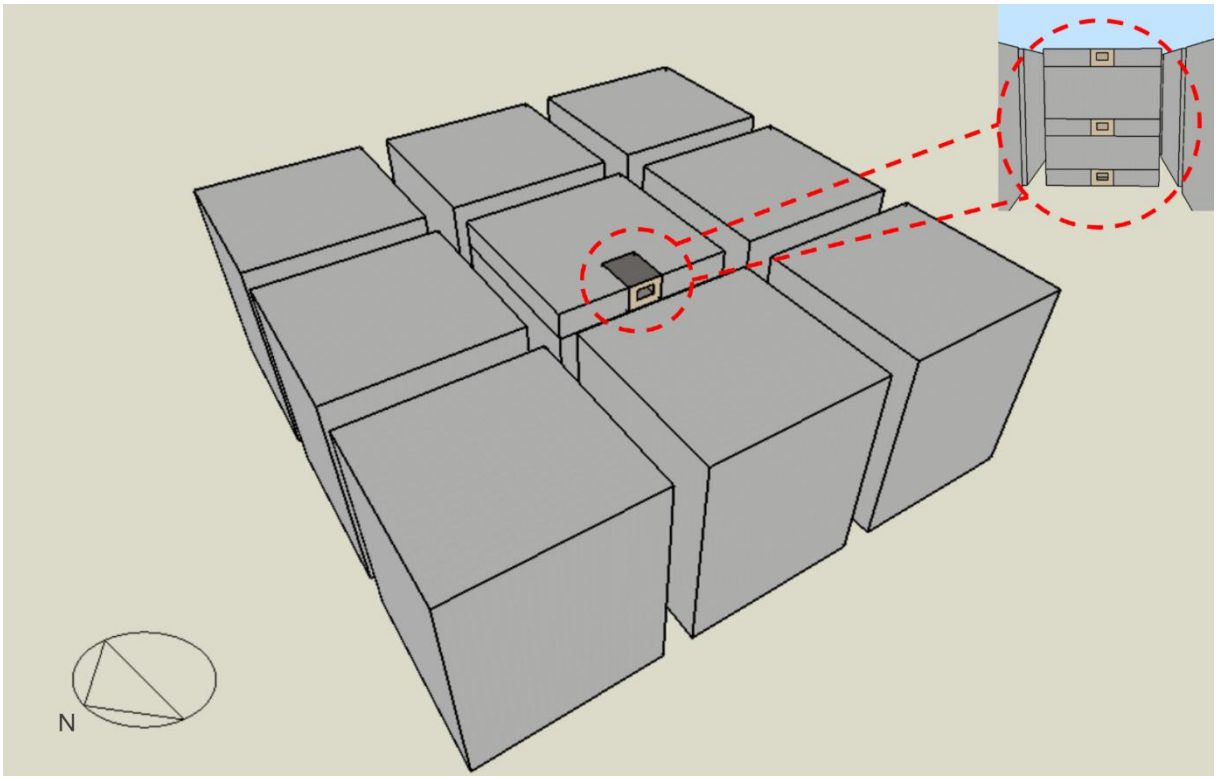

Figura 2: Configuração urbana assumida para o objeto de estudo e as obstruções externas (entorno construído).
Fonte: os autores (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 e a Figura 4 apresentam os resultados das simulações para o UDI, o qual indica o percentual das horas anuais em que os níveis de iluminância estão dentro do intervalo de 100 a 3.000 lux.

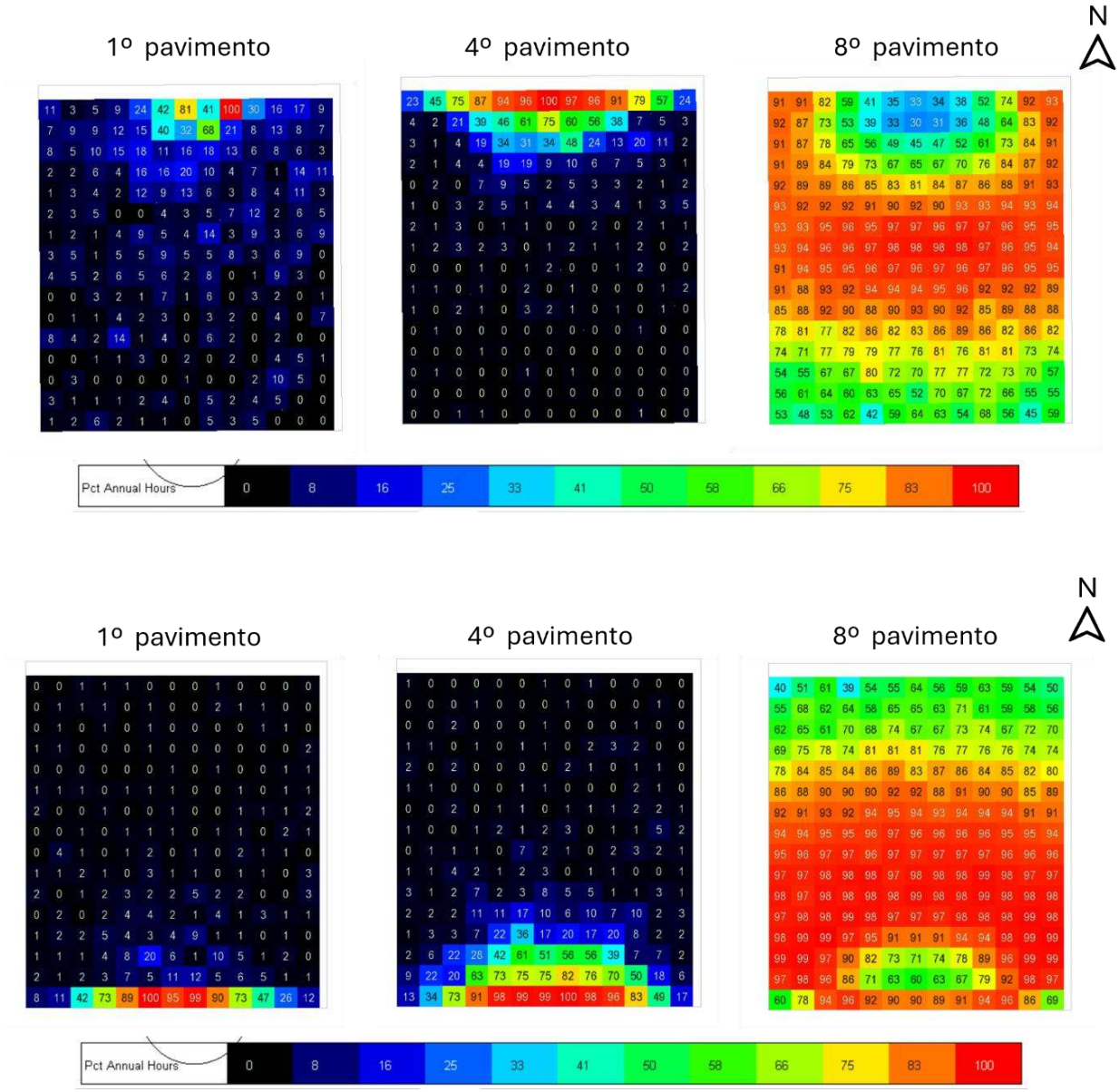

Figura 3: Simulações para a métrica UDI percentual nas orientações Norte e Sul, respectivamente). Fonte: os autores (2025).

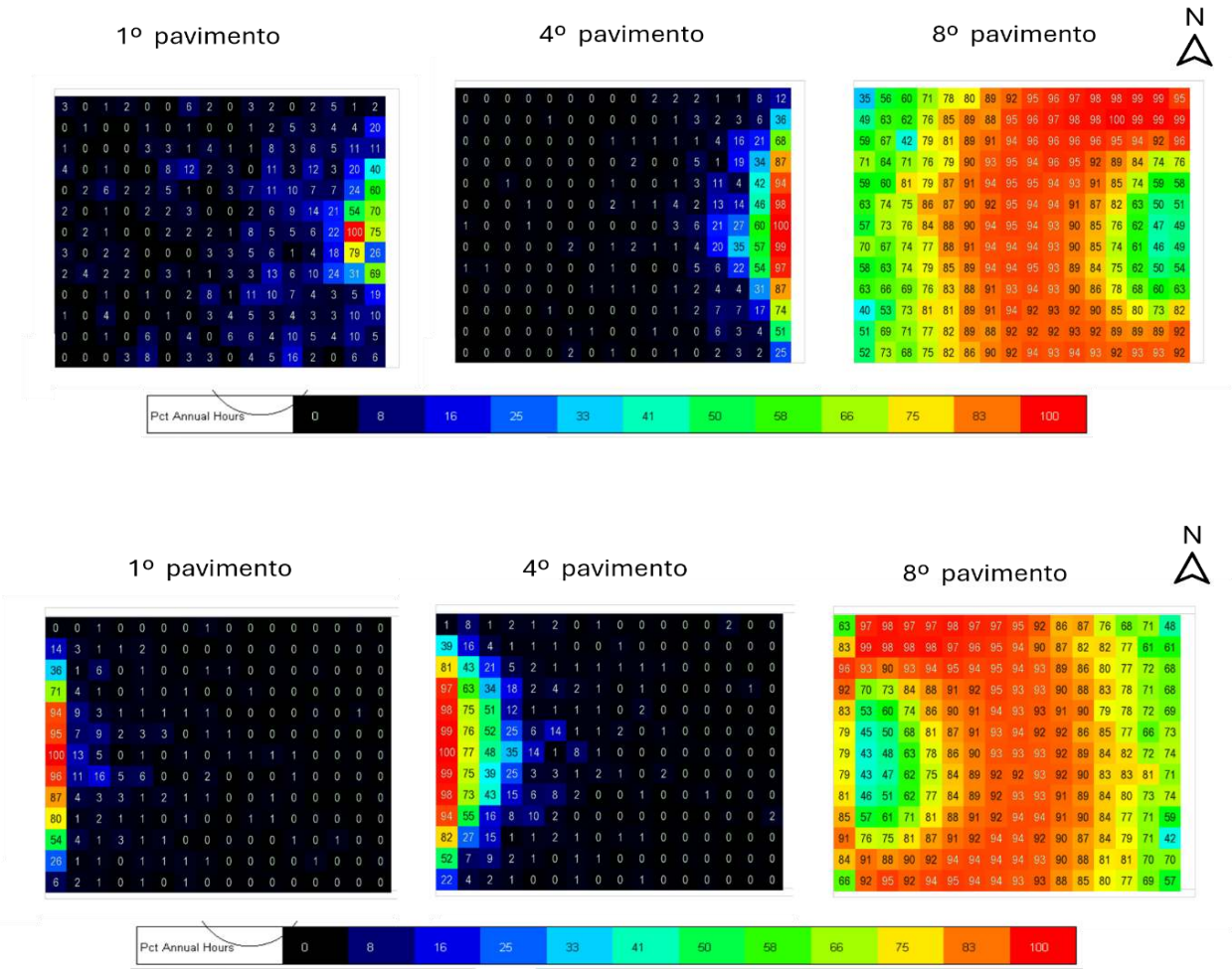

Figura 4: Simulações para a métrica UDI percentual nas orientações Leste e Oeste, respectivamente).
Fonte: os autores (2025).

Com a janela voltada para diferentes orientações, a análise revelou padrões semelhantes na distribuição da UDI. Em todas as simulações, os pavimentos superiores apresentaram melhor desempenho, devido à menor interferência de obstruções externas. Observa-se que, pelo menos, até o quarto pavimento, a métrica UDI não é atingida para parte dos pontos do cômodo simulado.

Para a orientação norte, a área que se manteve dentro do intervalo útil, concentrou-se principalmente próximo às janelas. No 1º pavimento, apenas 1,44% da área atingiu esse critério, enquanto no 4º pavimento o percentual subiu para 6,76%. No 8º pavimento, 91,78% da área foi classificada com iluminância útil. Na orientação sul, o comportamento foi semelhante, mas com um leve aumento nos índices. No 1º pavimento, 3,38% da área atingiu a faixa UDI, subindo para 10,14% no 4º pavimento e alcançando 99,03% no 8º pavimento, conforme evidenciado na Tabela 1.

Para a orientação leste, os valores iniciais foram baixos, com 3,38% da área atendendo à iluminância útil no 1º pavimento. Esse percentual aumentou para 6,28% no 4º e atingiu 96,13% no 8º pavimento. Por fim, na orientação oeste, os resultados foram próximos aos da face leste. No 1º pavimento, 3,86% da área estava dentro da faixa UDI, aumentando para 9,17% no 4º pavimento e chegando a 96,61% no 8º pavimento, de acordo com a Tabela 1.

Orientação solar	Pavimento analisado	Área dentro do intervalo UDI (m²)	Área dentro do intervalo UDI (%)
Norte	1º pavimento	0,29	1,44%
	4º pavimento	1,35	6,76%
	8º pavimento	18,35	91,78%
Sul	1º pavimento	0,67	3,38 %
	4º pavimento	2,02	10,14%
	8º pavimento	19,80	99,03%
Leste	1º pavimento	0,67	3,38%
	4º pavimento	1,25	6,28%
	8º pavimento	19,22	96,13%
Oeste	1º pavimento	0,77%	3,86%
	4º pavimento	1,83	9,17%
	8º pavimento	19,32	96,61%

Tabela 1: Valores de UDI para o 1º, 4º e 8º pavimentos nas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste.
Fonte: os autores (2025).

Analisando a métrica UDI no 8º pavimento, os resultados demonstram uma tendência de melhor desempenho da iluminação natural em relação aos andares inferiores, devido à menor interferência de obstruções externas, como já comentado. No entanto, há diferenças significativas entre as orientações analisadas, com destaque para a face norte, que apresentou o menor percentual de área dentro do intervalo útil de iluminância (91,78%). Em contrapartida, as faces sul, leste e oeste tiveram valores mais elevados, atingindo 99,03%, 96,13% e 96,61%, respectivamente.

A orientação norte, apesar de receber incidência solar direta ao longo do dia, também registrou uma maior porcentagem de área fora da faixa útil. Isso ocorre porque essa face está mais sujeita a altos níveis de iluminância, frequentemente ultrapassando os 3.000 lux, o que a classifica como superexposta. Esse excesso de luz pode comprometer o conforto visual e resultar em maior necessidade de proteção solar ou outro controle da iluminação.

Em contraste, a orientação sul, que normalmente recebe menos radiação direta ao longo do dia, teve um desempenho superior, com 99,03% da área dentro da faixa útil. Esse resultado sugere que a iluminação natural é mais adequada, reduzindo o risco de ofuscamento e superaquecimento. Da mesma forma, as orientações leste e oeste apresentaram percentuais elevados de área dentro da faixa útil, com pequenas variações entre si. Essas faces estão expostas à radiação solar direta em horários específicos do dia (manhã para o leste e tarde para o oeste), o que pode explicar a leve diferença nos valores.

Do ponto de vista do planejamento urbano, os resultados podem indicar que as fachadas das edificações, numa situação de adensamento urbano, devem ter tratamentos diferentes conforme sua orientação cardeal e os pavimentos. Ou seja, janelas dimensionadas conforme o pavimento e a orientação poderiam otimizar o aproveitamento da luz natural, tanto em relação a mínimos quanto a máximos valores em termos de iluminância.

Alguns outros estudos têm focado na influência do adensamento urbano na disponibilidade de iluminação natural em ambientes internos, corroborando os resultados aqui apresentados. Barbosa e Cabús (2020) também estudaram os efeitos do entorno edificado, a verticalização e a disposição dos edifícios. Os autores também encontraram que a orientação sul foi a que proporcionou melhor uniformidade de distribuição de luz no interior do cômodo estudado, para a latitude 9°04’. Domingos et al. (2024) analisaram, para a latitude aproximada de 27°, que o adensamento urbano, medido entre os anos de 2003 e 2023 para a cidade estudada, causaram uma perda significativa na disponibilidade de radiação solar nas fachadas das edificações e, consequentemente, na

iluminação natural. Rocha (2024) propõe um método que permite, na fase de projeto, considerar o efeito do adensamento urbano na configuração geral dos edifícios, como geometria, aberturas, dentre outros parâmetros. Porém, a definição de limites de afastamentos, verticalização e disposição de edifícios nas quadras, definidos nas leis municipais, é fundamental para que o projeto do edifício possa atender critérios satisfatórios para a iluminação natural interna. Logo, a análise genérica pode contribuir para esta finalidade.

5. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que, apesar da tendência geral de aumento da iluminação natural em pavimentos mais altos, a orientação da abertura tem um papel determinante na distribuição da luz ao se considerar a métrica UDI. O desempenho inferior da face norte está diretamente relacionado à incidência excessiva de radiação. Assim, os dados reforçam a importância de considerar tanto a altura do pavimento quanto a orientação solar na busca por condições ideais de iluminação natural.

Esta pesquisa apenas explorou a métrica UDI, que se refere a um intervalo de iluminâncias desejáveis. Outras métricas, como a Autonomia Espacial da Iluminação Natural (sDA) e a Exposição Solar Anual (ESA) podem complementar as análises feitas neste estudo. Logo, espera-se que os resultados desta pesquisa forneçam subsídios para o desenvolvimento de novos estudos e diretrizes urbanísticas que sejam mais eficazes no planejamento urbano e arquitetônico e que promovam a iluminação natural em áreas com latitudes próximas a estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: Iluminação natural – Parte 1: Conceitos e definições. Rio de Janeiro, 2024.

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

BARBOSA, N., CABÚS, R. A influência da fachada do entorno edificado no desempenho da iluminação natural. **Paranoá,** n. 27, p.113-124, 2020.

BECK, L.M. **Parâmetros reguladores da forma urbana e disponibilidade de luz natural em ambientes internos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2020.

DESIGNBUILDER. **Versão v7.0.2.006**. [*S. l.*]: DesignBuilder Software Ltd, 2024.

DOMINGOS, R. M.; MARIANO, P. O.; PEREIRA, F. R. Impacto do crescimento urbano na acessibilidade solar. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 20. 2024. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2024.

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. **A literature review of the effects of natural light on building occupants**. Colorado: 2002.

FONSECA, I. C. L. **Dimensões Da Luz Natural Na Interação Do Homem Com A Arquitetura –** Estudos À Luz De Cúpulas De Brunelleschi, Michelangelo & Palladio. Tese (doutorado) – UFRJ/ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura,2007.

GARROCHO, J. S. Luz natural e projeto de Arquitetura: Estratégias para iluminação zenital em centros de compras. **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável**. Brasília, 2005.

HOPPE, S. B. **A influência da legislação urbana na iluminação natural de edifícios : um estudo de caso em Domingos Martins-ES**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – I**BGE**. Santa Maria – RS – 4316907. Mapa digital. Disponível em: 4316907_MM.pdf. Acesso em: 04 jul. 2025.

MAJOROS, A. **Daylighting**. PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Departament of Architecture, the University of Queensland. Edited by S. V. Szokolay, 1998.

MARDALJEVIC, J. The simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance. Lighting Res. **Technol**. 2000; 32: 111-118.

MARDALJEVIC, J. ANDERSEN, M. Prescribing for daylight: Can we account for the disparate measures within a unified modelling framework? **Procedings of EXPERIENCE LIGHT 2012: International Conference on Effects of Light on Wellbeing**, p1-5, 2012.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 905-913, jul. 2006.

PEREIRA, D. C. L. **Iluminação natural em edifícios de escritório:** metodologia para a avaliação do desempenho luminoso. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2017.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. **Leukos**, v. 3, n. 1, 2006.

ROBBINS, C. L. **Daylighting:** design and analysis. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.

ROCHA, L. D. **Modelagem e simulação da luz natural nas etapas iniciais do projeto arquitetônico**. 2024, 111p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

ROSA, F. F. **Influência da Geometria Urbana e da Visibilidade de Céu no Desempenho Lumínico**, 2021. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2021.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS, por recursos financeiros recebidos.