2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INFLUÊNCIA DO AFASTAMENTO E DA ORIENTAÇÃO SOLAR NA DISPONIBILIDADE DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTE DE GEOMETRIA PROFUNDA PARA SANTA MARIA, RS[1]

ZAMBONATO, Bruna (1); Buligon, Liliane Bonadiman (2); LIMA, Selton Fernandes de Sousa (3); GRIGOLETTI, Giane de Campos (4)

(1) Universidade Federal de Santa Maria, zambonato.bruna@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Maria, libbonadimam@gmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Maria, seltonfernandes@gmail.com
(4) Universidade Federal de Santa Maria, ggrigoletti@gmail.com

RESUMO

O adensamento de áreas urbanas sem planejamento adequado restringe o acesso à luz natural. Este estudo avaliou a influência do afastamento e orientação solar na disponibilidade de iluminação natural em ambiente profundo em Santa Maria, RS. Foi avaliado um ambiente de dimensões 2,55 m(fachada) X 4,80 m, localizado no segundo, quarto e sexto pavimentos de uma edificação com oito pavimentos. O entorno apresentou duas variações de afastamento entre edificações e quatro de orientação. O fator de luz natural médio (MDF), autonomia de luz natural espacial (sDA) e nível de iluminância útil de luz natural (UDI) foram avaliados por simulação computacional com o plug-in DIVA para Rhinoceros. O parâmetro com maior influência sobre as métricas foi a altura: pavimentos mais altos apresentaram melhor disponibilidade e distribuição da luz natural, enquanto pavimentos mais baixos apresentaram menor disponibilidade e pior distribuição. A orientação solar com melhor disponibilidade foi a Sul, devido à contribuição da iluminação indireta, refletida no entorno. O aumento do afastamento entre edificações contribuiu positivamente para os índices de luz natural, com maior influência nos pavimentos mais baixos. O trabalho pode contribuir para o projeto de edificações e o planejamento urbano de cidades de médio porte em processo de adensamento urbano.

Palavras-chave: *Iluminação natural. Entorno. Afastamento. Orientação solar.*

ABSTRACT

The densification of urban areas without proper planning limits access to daylight. This study evaluated the influence of distance between buildings and solar orientation on the availability of natural lighting in a deep environment in Santa Maria, in the state of Rio Grande do Sul. A room of dimensions 2,55 m (facade) X 4,80 m was evaluated, located on the second, fourth and sixth floors of an eight-story building. The surroundings presented two distances between buildings and four orientations. The mean daylight factor (MDF), spatial daylight autonomy (sDA) and useful daylight autonomy (UDI) were evaluated by computer simulation using the

[1] ZAMBONATO, Bruna; BULIGON, Liliane Bonadiman; LIMA, Selton Fernandes de Sousa; GRIGOLETTI, Giane de Campos. Influência do afastamento e da orientação solar na disponibilidade de iluminação natural em ambiente de geometria profunda para Santa Maria, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

DIVA plug-in for Rhinoceros. The parameter with the greatest influence on the metrics was the height: higher floors had better availability and distribution of daylight, while lower floors had less availability and worse distribution. The solar orientation with the best availability was to the South, due to the contribution of indirect lighting, reflected in the surroundings. The increase in distance between buildings positively contributed to the levels of daylight, with greater influence on the lower floors. The work can contribute to the design of buildings and urban planning of medium-sized cities in the process of urban densification.

***Keywords**: Daylight. Urban context. Distance, Solar orientation.*

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana vem provocando expansão acelerada e muitas vezes sem planejamento urbano adequado. Até 2030, 60,4% da população mundial viverá em cidades (UNITED NATIONS, 2018). Em Santa Maria, RS, 95% da população vive em área urbana, o que corresponde a 6,82% do seu território (ADESM, 2020). A resposta para esse adensamento costuma ser a construção de edificações compactas, altas e densamente ocupadas. No entanto, tal morfologia urbana pode ter como consequência a redução do acesso a iluminação natural, obstrução da ventilação e aumento da temperatura externa (FUTCHER et al., 2017). O planejamento urbano tem papel fundamental neste contexto, especialmente em cidades médias ainda em processo de adensamento, de modo a garantir o acesso a iluminação e ventilação naturais nas edificações.

Estudos apontam os benefícios da iluminação natural, como conforto, bem-estar, produtividade e saúde física e mental dos usuários (BERARDI; ANARAKI, 2018), além de evitar o uso de iluminação artificial, contribuindo com a redução do consumo de energia (CHEN; YANG; ZHANG, 2015; IHM; NEMRI; KRARTI, 2009). Normas e regulamentos buscam níveis mínimos de iluminação natural para ambientes internos (IES, 2012). A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) institui um mínimo de 60 lux de iluminância para ambientes de longa permanência de habitações. Contudo, há espaços em centros urbanos que, mesmo em áreas externas, não atingem níveis confortáveis aos usuários devido às condições do entorno (DANG; PITTS, 2020).

A simulação computacional auxilia na previsão de cenários futuros e contribui com maior controle e conhecimento dos efeitos do que é projetado. Desse modo, é possível prever o máximo aproveitamento da iluminação natural, proporcionando conforto aos usuários com baixo consumo energético (CHEN; YANG, 2015; YU; SU, 2015). Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do afastamento e da orientação solar na iluminação natural disponível em ambiente de geometria profunda, para dois cenários considerando dois afastamentos permitidos na legislação municipal de Santa Maria, RS.

2 MÉTODO

A influência do entorno na iluminação natural disponível em ambientes profundos foi avaliada para a cidade de Santa Maria (RS), por meio de simulação computacional através do plug-in DIVA para Rhinoceros v.5. O método foi composto por duas etapas principais: a caracterização dos cenários e avaliação da disponibilidade de iluminação natural por meio de simulação computacional.

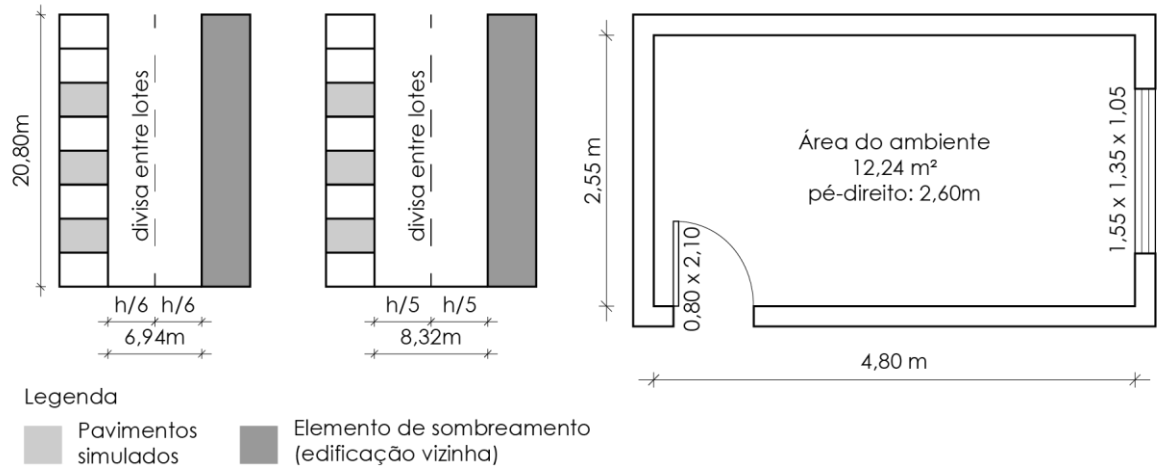
2.1 Caracterização dos cenários

Santa Maria possui clima temperado, chuvoso e de verões quentes. Entre os meses

de maio e julho, a irradiação média global permanece abaixo de 3,0 kWh/m²/dia; nos meses de março, abril, agosto, setembro e outubro os valores ficam entre 3,0 e 5,0 kWh/m²/dia; enquanto entre novembro e fevereiro os valores atingem mais de 5,0 kWh/m²/dia (MANSILHA, 2013) . Por ser uma cidade de médio porte, ainda em processo de adensamento urbano, a região central apresenta morfologia bastante irregular e heterogênea. Características como dimensões de quarteirões, largura de vias e altura de edificações são variáveis mesmo em áreas muito próximas.

Para a simulação, foi considerada uma edificação residencial de oito pavimentos. A Figura 1a apresenta os dois cenários de entorno considerados, conforme a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS)do município (SANTA MARIA, 2009), mostrando um corte do edifício com destaque nos seus pavimentos e a planta baixa do ambiente analisado.

Figura 1 – Dimensões dos afastamentos (a) e do ambiente interno (b)



Fonte: Os autores

O primeiro cenário considerou o afastamento lateral mínimo permitido para a zona 3.a da LUOS, pertencente ao Bairro Centro, que determina afastamento de 1/6 da altura, para edificações acima de 13 m. O segundo cenário correspondeu a bairros menos densos, como o Bairro Camobi (zona 12.d da LUOS), cujo afastamento lateral permitido é 1/5 da altura de edificações acima de 13 m (SANTA MARIA, 2009).

O ambiente analisado na simulação representa a sala de estar de uma unidade habitacional inserida na habitação multifamiliar apresentada. O vão da abertura para iluminação natural, localizado da face de menor dimensão, tem área equivalente a 1/6 da área do compartimento, conforme o Código de Obras do município (SANTA MARIA, 2018).

De acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edificações Residenciais (RTQ-R), a profundidade de um ambiente é a distância entre a parede que contém a abertura para iluminação e a parede oposta a esta. Além disso, é estabelecido o limite para a profundidade máxima (P) de um ambiente de permanência prolongada em função da distância entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (ha), conforme a Equação 1.

$$P \leq 2{,}4.ha \quad (1)$$

Aplicando as distâncias apresentadas na Figura 1, a profundidade máxima do

ambiente analisado deve ser de 5,76 m. Portanto, como a sala tem profundidade de 4,80 m, valor próximo ao limite, esta foi considerada como um ambiente profundo.

2.2 Simulação

A disponibilidade de luz natural foi analisada para os dois cenários de entorno descritos acima, para quatro orientações cardeais – Norte, Sul, Leste e Oeste – e para ambientes localizados no 2º, 4º e 6º pavimentos, totalizando 24 modelos simulados. As simulações foram realizadas por meio do plug-in DIVA para Rhinoceros v.5. Foi adotado o arquivo climático para o município no formato TMY (*Typical Meteorological Year*), com latitude 29º41'29" Sul e longitude 43º48'3" Oeste, disponível no LABEEE (2020). O plano de medição foi adotado com altura de 0,75 m acima do nível do piso (ABNT, 2013), e malha de 0,45 m. Os materiais foram especificados a partir do banco de dados do programa, conforme Quadro 1. Para as superfícies da edificação vizinha foram considerados os mesmos valores da edificação estudada. Foi adotada ocupação no período de 8 a 18 horas durante os 365 dias do ano, e as simulações consideraram apenas a iluminação natural.

Quadro 1 – Especificações dos materiais utilizados

Elemento	**Material**	**Descrição**	**Refletância**
Parede, porta e obstrução	White ,5 Interior Wall 70	Superfície refletora difusa, com refletância padrão de parede branca	70%
Piso	Plaster Floor 70	Superfície refletora difusa, com refletância padrão de piso	70%
Teto	Generic Ceiling 80	Superfície refletora difusa, com refletância padrão de teto	80%
Vidro	Glazing Single Pane 88	Vidro simples com transmitância visual de 88% e transmitância térmica de 5,82 W/m²K	96%

Fonte: Adaptado de DIVA (2020)

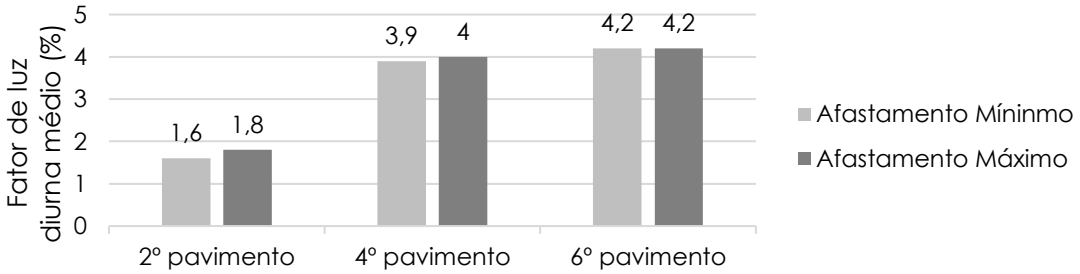
Foram analisados os resultados das simulações para três métricas: fator de luz natural médio (*mean daylight factor* – MDF), autonomia de luz natural espacial (*spatial daylight autonomy* - sDA) e nível de iluminância útil de luz natural (*useful daylight autonomy* – UDI). O MDF indica a relação entre a iluminância no interior da edificação com a iluminância em um ponto exterior totalmente desobstruído. Para esta métrica, são consideradas a geometria da edificação, entorno e propriedades das superfícies, sem considerar diferenças entre orientações solares (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006).

O sDA representa a porcentagem de área que atende a um nível mínimo de iluminação natural para uma fração de tempo ocupado ao longo do ano (CARLUCCI et al., 2015). O nível preferível de sDA é de 75% da área ou mais (IES, 2012). O critério para sDA considerando neste trabalho foi de 50% das horas ocupadas atingindo um nível mínimo de iluminância de 300 lux. Por fim, o UDI indica quando os níveis de iluminação natural no ambiente são úteis para os usuários, identificando a ocorrência de níveis baixos e excessivos. Neste trabalho considerou-se a faixa útil entre 100 e 2.000 lux (REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006).

3 Resultados e Discussão

Os resultados do MDF são apresentados na Figura 2. Como esperado, os pavimentos mais altos apresentaram MDF maior que os pavimentos próximos ao térreo, devido à influência da obstrução externa. Além disso, o MDF aumenta com o acréscimo do afastamento entre edificações para os ambientes localizados no 2º e 4º pavimentos, enquanto para o ambiente localizado no 6º pavimento se manteve constante, mostrando a menor influência do entorno para ambientes localizados em pavimentos mais altos.

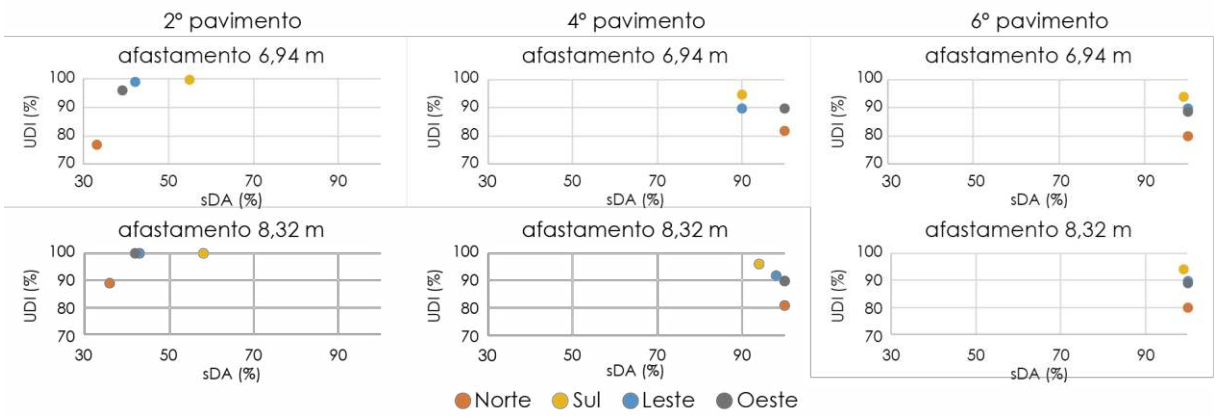
Figura 2 – Fator de luz diurna médio



Fonte: Os autores

Os resultados do sDA foram agrupados aos resultados do UDI em gráficos de dispersão, apresentados na Figura 3. De modo geral, é possível observar que não há relação direta entre os resultados de sDA e UDI. Em relação à influência do pavimento, os pavimentos mais baixos apresentaram elevados índices de UDI, porém a iluminação recebida nestes ambientes é mal distribuída devido à sua posição e geometria, resultando em baixos índices sDA abaixo de 75%. Já os pavimentos mais altos apresentaram índices elevados de sDA, e mais baixos de UDI, devido a períodos de excesso de incidência solar. Resultados similares foram encontrados por Santos, Auer e Souza (2017), que observaram influência negativa no sDA com o aumento da altura das obstruções do entorno.

Figura 3 – Combinação do sDA e UDI



Fonte: Os autores

O afastamento entre as edificações apresentou o mesmo padrão da análise anterior. Houve maior influência do afastamento no sDA e UDI para os pavimentos mais baixos, que apresentaram aumento mais significativo para o UDI com maior afastamento, especialmente para a orientação Norte (de 77% para 89%). O quarto pavimento

apresentou melhoria do índice sDA, similar ao encontrado em outros trabalhos (SANTOS; AUER; SOUZA, 2017), e o sexto pavimento não apresentou variação de UDI nem sDA.

Por fim, a orientação solar teve influência significativa nos resultados encontrados. Para todos os cenários a orientação Norte apresentou UDI mais baixo enquanto a Sul apresentou UDI mais alto, possivelmente devido à contribuição da luz indireta, refletida pelo entorno altamente obstruído, que foi considerado claro. Assim como o encontrado em outros trabalhos, as orientações Leste e Oeste apresentaram comportamento similar (LARANJA; CABÚS; GAZZANEO, 2012).

4 CONCLUSÕES

A influência do entorno na disponibilidade de iluminação natural em ambiente de geometria profunda foi avaliada, alterando parâmetros de altura do ambiente analisado, afastamento entre edificações e orientação solar. As simulações realizadas com o plugin DIVA permitiram a análise das métricas MDF, sDA e UDI.

Os resultados demonstraram que o parâmetro com maior influência para os cenários simulados foi a altura do pavimento analisado, cujas variações significativas foram observadas nas três métricas. Em seguida, a orientação teve influência, com diferenças significativas entre Norte e Sul tanto para sDA quanto para UDI, com melhor disponibilidade de luz natural para os ambientes com abertura a Sul, devido à contribuição da iluminação indireta refletida pela edificação do entorno.

O afastamento entre edificações teve influência menos expressiva na disponibilidade de luz natural e seu efeito está relacionado com a altura do pavimento analisado. O efeito do aumento do afastamento entre edificações teve maior acréscimo de sDA e UDI para os ambientes em pavimentos mais baixos.

Os resultados do trabalho podem auxiliar na compreensão da influência da iluminação natural em ambientes profundos de cidades de médio porte e que ainda estejam em processo de adensamento urbano. Para complementação da pesquisa, estudos futuros poderão ser desenvolvidos abordando a proporção janela/fachada, profundidade do ambiente, características das superfícies, maior variação do afastamento e altura do entorno, características de grande influência na disponibilidade de luz natural.

Além disso, as definições de afastamentos entre edificações adotadas neste trabalho consideram a versão da LUOS municipal de 2009, que apresentava afastamentos laterais distintos de acordo com o zoneamento urbano. Estudos futuros poderão avaliar o impacto do novo afastamento lateral, de h/7, que contribui para maior adensamento urbano, adotado para quase todo o zoneamento urbano na LUOS publicada em 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ADESM – AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE SANTA MARIA. **Santa Maria em Dados**. Disponível em: <https://santamariaemdados.com.br/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BERARDI, U.; ANARAKI, H. K. The benefits of light shelves over the daylight illuminance in office buildings in Toronto. **Indoor and Built Environment**, *[S. l.]*, v. 27, n. 2, p. 244–262, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1177/1420326X16673413

CARLUCCI, S. *et al.* A review of indices for assessing visual comfort with a view to their use in optimization processes to support building integrated design. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, *[S. l.]*, v. 47, p. 1016–1033, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.062

CHEN, X.; YANG, H. Combined thermal and daylight analysis of a typical public rental housing development to fulfil green building guidance in Hong Kong. **Energy and Buildings**, *[S. l.]*, v. 108, p. 420–432, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.032

CHEN, X.; YANG, H.; ZHANG, W. A comprehensive sensitivity study of major passive design parameters for the public rental housing development in Hong Kong. **Energy**, *[S. l.]*, v. 93, p. 1804–1818, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.061

DANG, H. T.; PITTS, A. Urban morphology and outdoor microclimate around the "Shophouse" dwellings in Ho Chi Minh City, Vietnam. **Buildings**, *[S. l.]*, v. 10, n. 40, 2020.

FUTCHER, J. *et al.* Creating sustainable cities one building at a time: Towards an integrated urban design framework. **Cities**, *[S. l.]*, v. 66, p. 63–71, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.009

IES – ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **IES LM 83-12: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)**. New York: IES, 2012. *E-book*.

IHM, P.; NEMRI, A.; KRARTI, M. Estimation of lighting energy savings from daylighting. **Building and Environment**, *[S. l.]*, v. 44, n. 3, p. 509–514, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.04.016

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNICA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Arquivos Climáticos: INMET 2016**. *[s. l.]*, 2020.

LARANJA, A. C.; CABÚS, R. C.; GAZZANEO, L. M. C. Interferência da orientação das vias na disponibilidade de iluminação natural do ambiente interno. *In*: 2012, Juiz de Fora. **ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Juiz de Fora: *[s. n.]*, 2012. p. 189. Disponível em: https://doi.org/10.5752/p.2316-1752.2018v25n37p189

MANSILHA, R. B. **Análise da disponibilidade de iluminação natural e artificial em salas de aula de instituição pública de ensino superior**. 2013. *188 f. Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.*

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America**, *[S. l.]*, v. 3, n. 1, p. 7–31, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001

SANTA MARIA. **Lei de uso e Ocupação do Solo do Município de Santa Maria, Lei Complementar n.072, de 04 de novembro de 2009, Anexo 6**. Santa Maria: Câmara Municipal de Vereadores de Santa Maria, 2009. *E-book*.

SANTA MARIA. **Código de Obras e Edificações de Santa Maria, Lei Complementar n.119, de**

26 de julho de 2018. Santa Maria: Câmara Municipal de Vereadores de Santa Maria, 2018. *E-book*.

SANTOS, I. G. dos; AUER, T.; SOUZA, R. V. G. de. Optimized indoor daylight for tropical dense urban environments. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 87–102, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000300164

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects : The 2018 Revision. **United Nations Economic & Social Affairs**, *[S. l.]*, p. 1–2, 2018.

YU, X.; SU, Y. Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation: a literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, *[S. l.]*, v. 52, p. 494–503, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.142