AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMÍNICO EM DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS A PARTIR DA APLICAÇÃO DE MÉTRICAS DINÂMICAS DE LUZ NATURAL

Camila Moreira Burtet (1); Giane de Campos Grigoletti (2); Guilherme Deboni (3); Natalia Helena Gallas (4); Paula Scherer (5)
(1) Engenheira Civil, milaburtet.cmb@gmail.com, Rad e Burtet Engenharia, radburtet.engenharia@gmail.com, (55) 99684-5454
(2) Professora Doutora em Engenharia Civil, ggrigoletti@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria, ppgec@ufsm.br, (55) 99686-8576
(3) Engenheiro Acústico, Doutorando em Engenharia Civil, guilherme.acustica@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria, ppgec@ufsm.br, (55) 99607-0548
(4) Engenheira Civil, Mestranda em Engenharia Civil, nataliagallas302@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria, ppgec@ufsm.br, (55) 99144-7563
(5) Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, paula_scherer@hotmail.com, Universidade Federal de Santa Maria, ppgaup@ufsm.br, (55) 99657-1457

RESUMO
O uso consciente da luz natural, além de viabilizar a redução do consumo de energia nas edificações, também é essencial ao bom desempenho lumínico dos ambientes. Além disso, as evidências sobre a preferência dos usuários para espaços que viabilizam iluminação natural e vista para o ambiente externo são crescentes. A partir desse panorama, com o objetivo de avaliar o desempenho da iluminação natural em zonas bioclimáticas brasileiras distintas, a métrica UDI (*Useful Daylight Illuminance*) foi aplicada em um modelo 3D de ambiente residencial. Para isso, foi utilizado o *software DesignBuilder,* tendo em vista critérios adotados pelo RTQ-R, como os referentes às dimensões mínimas do espaço, à porcentagem de refletância das superfícies e das horas em que há disponibilidade de luz natural. Os resultados obtidos mostram a radiação global horizontal para diferentes horas do dia e meses do ano para as cidades de Santa Maria (RS), Cuiabá (MT), e Fortaleza (CE), bem como o UDI para cada uma. Percebe-se, assim, a diferenciação acerca da distribuição e do índice de luz natural, em um mesmo espaço, conforme zonas bioclimáticas brasileiras distintas.

Palavras-chave: iluminância natural útil, radiação global horizontal, zona bioclimática brasileira.

ABSTRACT
The conscious use of daylight, in addition to enabling the reduction of energy consumption in buildings, is also essential to the good lighting performance of the environments. Moreover, the evidence on users' preference for spaces that enable daylight and views of the external environment is growing. So, in order to evaluate the performance of daylight in distinct Brazilian bioclimatic zones, the UDI (Useful Daylight Illuminance) metric was applied in a 3D model of a residential environment. For this, the DesignBuilder software was used, considering the criteria adopted by the RTQ-R, such as those referring to the minimum dimensions of the space, the percentage of reflectance of surfaces and hours of daylight availability. The results show the horizontal global radiation for different times of day and months of the year for the cities of Santa Maria (RS), Cuiabá (MT), and Fortaleza (CE), as well as the UDI for each one. It is noticed the differentiation about the distribution and the index of daylight, in the same space, according to different Brazilian bioclimatic zones.

Keywords: useful daylight illuminance, global horizontal irradiance, Brazilian bioclimatic zone.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação e projeção do desempenho lumínico de uma edificação é de extrema relevância para propiciar aos usuários conforto visual e térmico aliado a um baixo consumo de energia elétrica (PEREIRA, 2017). Esses fatores estão diretamente relacionados à configuração arquitetônica da edificação, sendo assim, por meio de simulações computacionais é possível adequar o sistema de iluminação ainda na fase de projeto a fim melhorar o desempenho da edificação. Um espaço considerado energeticamente eficiente é aquele que iluminado com luz natural propicia a alta satisfação do ocupante nos quesitos térmico e visual associado a um baixo consumo de energia (REINHART E WIENOLD, 2011).

De acordo com o BEN (Balanço Energético Nacional) (2020), os setores comercial e residencial consumiram 43,5% da energia elétrica disponibilizada no Brasil no ano de 2019, de um total de 626,3 TWh, gerados em centrais públicas e autoprodutores. Para esses dois setores podemos considerar que o consumo de energia elétrica se resume à iluminação, condicionamento de ar e equipamentos eletroeletrônicos. Portanto, acredita-se que com o auxílio das simulações de iluminância é possível reduzir o consumo de energia elétrica de edificações residenciais e comerciais, por meio da adaptação arquitetônica das aberturas, potencializando o uso da iluminação natural.

Didoné e Pereira (2010) avaliaram o impacto do aproveitamento da luz natural no consumo de energia elétrica total, considerando a utilização de ar condicionado e iluminação artificial. De acordo com as simulações computacionais, o uso do controle do sistema de iluminação artificial, com o aproveitamento da iluminação natural, possibilitou a redução no consumo de energia com iluminação em todos os modelos. Consequentemente, interviu-se no comportamento do ar condicionado, que devido à redução das cargas internas provenientes da iluminação artificial, também apresentou uma redução no consumo.

Reinhart e Wienold (2011) realizaram uma análise de um edifício comercial de escritórios localizado em Boston, considerando um período de ocupação das 8 às 17 horas, com e sem a presença de persianas, as quais poderiam ser modificadas de acordo com o usuário (usuário ativo ou passivo). Na simulação onde as persianas permaneceram fechadas o tempo todo, obteve-se o maior consumo de energia total, onde a maior parcela desse consumo foi destinada ao condicionamento do ar, seguido da iluminação artificial e equipamentos de uso do escritório.

Nas edificações comerciais de escritórios, o consumo de energia elétrica pode ser reduzido com o melhor aproveitamento da iluminação e ventilação natural, já que as principais atividades nesse tipo de edificação são realizadas no período do dia, onde há a maior disponibilidade de luz natural. Além da redução do consumo de energia, um ambiente iluminado e ventilado naturalmente propicia melhora no conforto dos usuários e na realização das atividades diárias. Autores como Vine *et al.* (1998), Selkowitz (1999) e Fernandes (2016) identificam, inclusive, que as pessoas costumam preferir desenvolver atividades de trabalho e leitura em locais que fornecem luz natural e visão para o ambiente externo.

Nesse âmbito, é essencial conhecer o potencial da energia solar na superfície, por meio do mapeamento da radiação solar, para a otimização desse recurso (PEREIRA *et al*., 2017). A radiação solar, ao passar pela atmosfera, é em parte absorvida e/ou espalhada em diferentes direções até atingir a superfície terrestre. A radiação global horizontal que alcança a superfície (em W/m²), assim, corresponde à soma do fluxo de radiação da parcela que alcança a superfície terrestre sem sofrer interferências e da parcela considerada difusa (RELVA, 2017).

Useful Daylight Illuminance (UDI), por sua vez, é uma métrica definida por Nabil e Mardaljevic (2005), e considera um intervalo específico de iluminância a ser utilizado considerado ideal para o usuário. Tal intervalo de utilização varia de um mínimo de 100 lux até 3000 lux. Diferente da abordagem do fator de luz do dia, o UDI considera uma série temporal de valores para iluminância prevista sob céus realistas, que são gerados por meio de dados meteorológicos (NABIL; MARDALJEVIC, 2005).

2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a simulação da luz natural em uma sala residencial para três zonas bioclimáticas brasileiras, nas cidades de Santa Maria/RS (zona bioclimática 2), Cuiabá/MT (zona bioclimática 7) e Fortaleza/CE (zona bioclimática 8), conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005). O propósito

de simular 3 zonas bioclimáticas é fazer a comparação do desempenho lumínico de um mesmo ambiente para cada região, ajustando-o aos regulamentos e leis aplicados a cada local.

3. MÉTODO

Nesta seção será abordada a metodologia utilizada para a realização da simulação lumínica de um ambiente de uma sala de estar.

3.1. Modelagem

Para realizar a simulação, inicialmente foi feita a modelagem 3D de uma sala de estar com uma janela em uma das fachadas, no *software DesignBuilder*. No *DesignBuilder* o cálculo de iluminação natural utiliza o mecanismo de simulação *Radiance*, que adota o método do raio traçado (*ray-tracing*). Assim, conforme realizado neste trabalho, gráficos de contorno de iluminância de luz natural, de fator de luz diurna e de uniformidade podem ser gerados para cada zona. Além disso, o *software* possibilita a simulação da iluminação natural integrada ao *software* EnergyPlus, com base na hora e disponibilidade de luz natural durante o ano (DESIGNBUILDER, [201-?]).

Para cada uma das regiões simuladas, a sala atende aos requisitos do RTQ-R (Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) e aos códigos de obras de cidades representativas das zonas bioclimáticas indicadas. A subordinação ao RTQ-R se deu porque o mesmo, conforme Eletrobrás (2012), dispõe as condições para aprovação do nível energético de residências, viabilizando a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), atribuída através do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). O regulamento, portanto, fomenta a eficiência energética de edificações residenciais. O acatamento aos códigos de obras considerou os municípios de Santa Maria/RS (SANTA MARIA, 2009), Cuiabá/MT (CUIABÁ, 2003), e Fortaleza/CE (FORTALEZA, 1981).

De acordo com o RTQ-R (ELETROBRAS, 2012), o comprimento máximo do ambiente em questão deve ser 2,4 vezes a altura da verga. Segundo o código de obras das cidades, a altura da verga deve ser de 2,4 m. Assim, a sala possui um comprimento de 5,28 m e uma largura de 4,0 m com pé direito de 2,7 m. A janela possui uma abertura com dimensões de 2,2 m de largura por 1,2 m de altura (Figura 1). O vidro utilizado é simples (de 3 mm), adotado por ser o mais comum em edificações brasileiras, em virtude do baixo custo e alta disponibilidade (LAMBERTS. DUTRA E PEREIRA, 2014).

Conforme Givoni (1994), o ganho solar por meio de aberturas depende fortemente da orientação da fachada do edifício. Nesse âmbito, a abertura da sala foi inserida nas fachadas norte, sul, leste e oeste, em sequência. Dessa maneira, é viável avaliar os impactos da abertura em diferentes orientações.

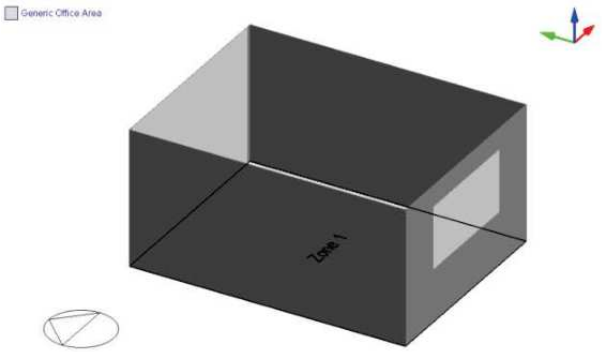

Figura 1 – *Layout* da sala inserida no *DesignBuilder* (OS AUTORES, 2021).

Para considerar a reflexão da luz no interior do ambiente, a refletância do teto, conforme o RTQ-R (ELETROBRAS, 2012), é de 60%, enquanto que a refletância das demais superfícies, como o piso e as paredes, é de 50%. Além disso, no ambiente externo, foi considerado o entorno desobstruído com um albedo do piso igual a 20%.

3.2. Parâmetros avaliados

A avaliação da iluminação natural do ambiente foi baseada no parâmetro UDI (*Useful Daylight Illuminance*), levando em conta uma percentagem de 70% das horas anuais em que há luz natural disponível, conforme indica o RTQ-R (ELETROBRAS, 2012).

Para o UDI foi considerada uma iluminância entre 100 lux e 3000 lux onde será avaliado o tempo em que a iluminação natural permanece nesta faixa. A faixa UDI pode ser subdividida em dois intervalos: UDI suplementar e UDI autônomo. O primeiro fornece a ocorrência de iluminâncias naturais na faixa de 100 a 300 lux. Para esses níveis pode ser necessária iluminação artificial adicional como complemento da luz natural para tarefas como leitura. O UDI autônomo estabelece a ocorrência de iluminâncias naturais de 300 a 3000 lux, onde a iluminação artificial complementar provavelmente não será necessária (MARDALJEVIC *et al*., 2011). Portanto, há de se considerar que, como a faixa de 100 a 3000 lux é bastante ampla, espaços mal iluminados para tarefas que exigem maior acuidade visual podem ser admitidos nesse intervalo, bem como ambientes com excesso de incidência solar direta. Autores como Shen e Tzempelikos (2012), por exemplo, propõem que o valor máximo de 1000 lux pode viabilizar um balanço favorável entre desempenho luminoso e térmico do edifício, além de evitar riscos de desconforto por ofuscamento. As imprecisões quanto a definição de uma faixa fixa de valores de iluminância tolerável pelos ocupantes, inclusive, são apontadas por Mardaljevic *et al*. (2012), que sugerem o intervalo como uma referência de possibilidades.

A simulação dos parâmetros foi realizada com um *grid* de pontos a uma altura de 0,7 m em relação ao piso. O *grid* é composto de 221 pontos distantes 0,3 m em ambas as direções, sendo adotado o distanciamento padrão sugerido pelo *software*. Foram consideradas 4 reflexões, com uma precisão de 0,22, resolução do ambiente de 512, e 1024 divisões ambientais.

3.3. Radiação solar em cada cidade

O ambiente modelado foi simulado em três diferentes cidades, que pertencem a diferentes zonas bioclimáticas segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005). As cidades escolhidas foram Santa Maria - RS, que pertence à zona bioclimática 2, Cuiabá - MT, que pertence à zona bioclimática 7 e uma representante da zona bioclimática 8, que é a cidade de Fortaleza - CE.

Pelo fato das cidades estarem em latitudes e zonas bioclimáticas diferentes, a radiação solar é distinta em cada uma. A radiação solar também será avaliada e apresentada em mapas que demonstram a radiação solar global horária para cada dia do ano.

Salienta-se que, diferente das outras cidades, o arquivo climático de Santa Maria (RS) não é disponibilizado no *software Design Builder*, dessa forma, teve de ser importado. Para a importação do arquivo, foi necessário fazer o *download* do mesmo, de origem INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) no LabEEE (2018). O documento de fonte INMET, adquirido através do LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações), disponibiliza arquivos de formato .epw, .stat, .ddy, e .OUT. Os de formato .epw e .stat foram colocados na pasta "*Weather Data*", do diretório do *software*.

No programa, os arquivos foram importados a partir da criação de um novo arquivo, no campo *"File"*. Em *"Location",* foi criada uma localização de modelo para Santa Maria (Figura 2). Então, a aba "*Simulation weather*" foi selecionada, e um novo item foi criado. O arquivo .epw foi inserido no campo "*Hourly weather",* através da aba *"General"*.

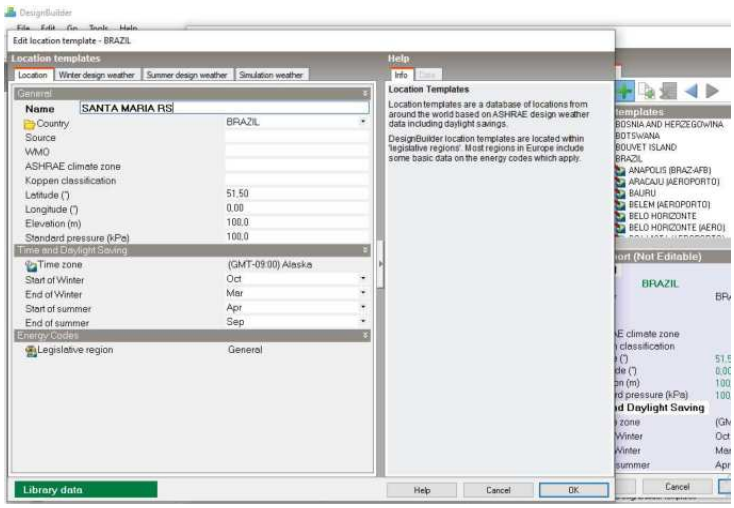

Figura 2 – Criação de localização para o modelo (OS AUTORES, 2021).

Posteriormente, um novo documento foi feito no *software* a partir da aba *"File"*, para a simulação do ambiente na cidade de Santa Maria (RS). A cidade, assim, foi selecionada no campo *"Location"* (Figura 3). No novo arquivo, selecionando a aba "*Location*" na parte superior, os dados foram verificados e configurados conforme o arquivo climático.

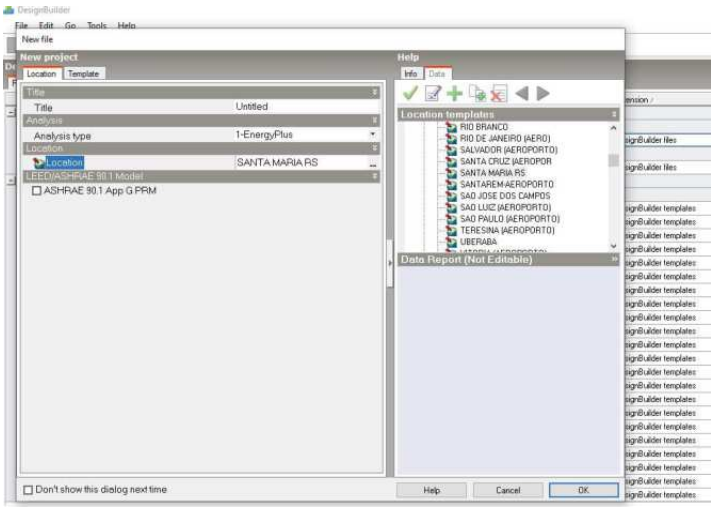

Figura 3 – Seleção da cidade no campo *Location* (OS AUTORES, 2021).

4. RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados da radiação global horizontal das três cidades analisadas e os resultados do UDI para o ambiente nas mesmas, considerando as Zonas Bioclimáticas 2, 7 e 8, conforme a ABNT (2005).

4.1. Radiação global horizontal

Analisando os dados da radiação global horizontal é possível construir um mapa de cores considerando a radiação em cada hora para todos os dias do ano. No mapa, a barra de cores representa a radiação dada em Wh/m².

Na Figura 4 é apresentada a radiação global horizontal para a cidade de Santa Maria - RS. Observa-se que os maiores valores de radiação estão concentrados entre as 10 h e 16 h para os primeiros e últimos meses do ano. Além disso, verifica-se uma redução na radiação nos meses de inverno tanto no período quanto na intensidade. Essa variação da radiação ao longo do ano pode ser relacionada com a disponibilidade de luz natural existente em cada período. Durante os primeiros e últimos meses do ano tem-se uma maior disponibilidade de luz natural, implicando em valores maiores para a radiação.

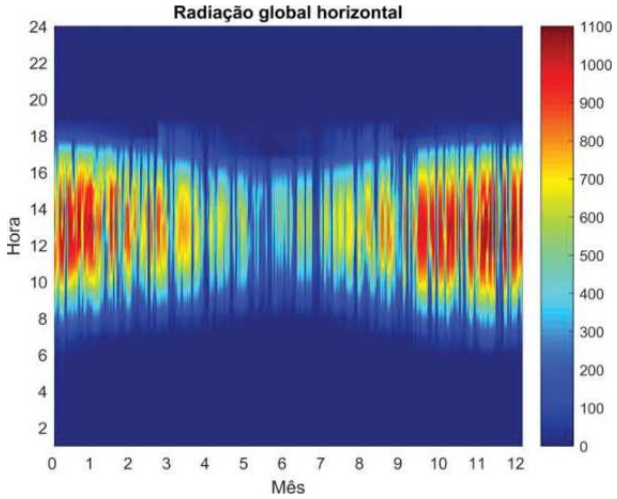

Figura 4 – Radiação global horizontal na cidade de Santa Maria/RS (OS AUTORES, 2021).

Em Cuiabá - MT, quanto à radiação global horizontal demonstrada na Figura 5, observa-se uma menor redução nos meses de inverno. Além disso, existe uma menor variação da radiação ao longo dos dias.

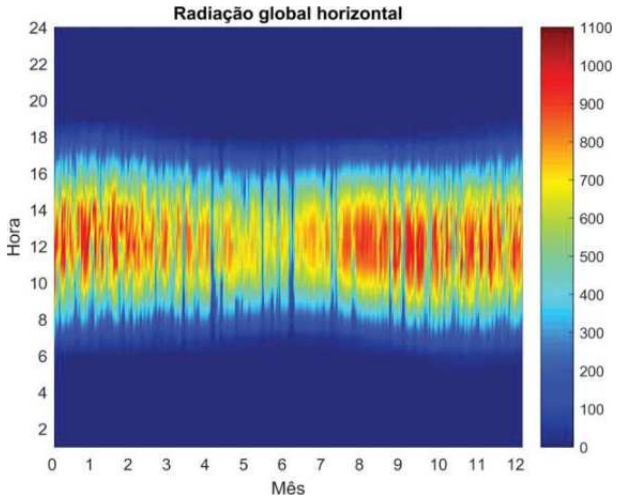

Figura 5 – Radiação global horizontal na cidade de Cuiabá/MT (OS AUTORES, 2021).

Na Figura 6, que representa a radiação global horizontal de Fortaleza – CE, verifica-se que a radiação é maior das 10 h às 14 h e não existe uma redução nos meses de inverno. Também é possível observar que a radiação é mais constante ao longo do ano se comparado à Santa Maria e Cuiabá. Essa constância da radiação ao longo do ano está relacionada com uma constância referente à disponibilidade de luz natural, típica da região onde se localiza a cidade.

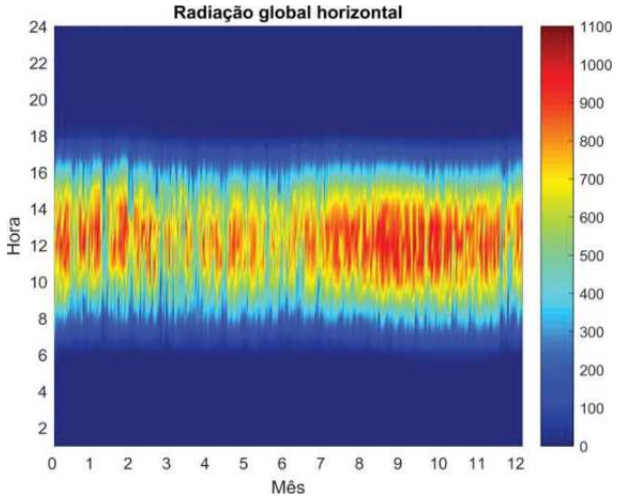

Figura 6 – Radiação global horizontal na cidade de Fortaleza/CE (OS AUTORES, 2021).

Observa-se, conforme o Quadro 1, que a cidade de Santa Maria é a que tem a maior variação da radiação global horizontal quando comparado seu valor em cada estação em relação à média anual. Seu valor no inverno é 27% menor do que a média anual enquanto no verão é 30% maior. Em contraponto, a cidade de Fortaleza possui a menor variação da radiação ao longo das estações. A variação é de apenas 10% no outono. Nesse contexto, a cidade de Fortaleza possui a menor latitude, e a de Santa Maria a maior, conforme indicado no arquivo climático de Santa Maria (LabEEE, 2018) e nos dados climáticos viabilizados pelo *software* para os demais municípios.

Cidade	Latitude	Estação			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
Santa Maria	-29,68	30,17%	-28,49%	-26,26%	27,93%
Cuiabá	-15,65	10,36%	-12,61%	-5,86%	9,46%
Fortaleza	-3,78	0,00%	-10,48%	2,62%	9,17%

Quadro 1 - Variação da radiação global horizontal média em relação à média anual (OS AUTORES, 2021).

4.1. UDI

Considerando a luz natural anual no ambiente simulado, na cidade de Santa Maria, a Figura 7 apresenta o número de horas e a porcentagem do tempo em que a iluminação permanece entre 100 lux e 3000 lux. Quando a janela foi inserida na orientação norte, a sala apresentou valores inferiores a 70% em praticamente todo ambiente, com exceção da área próxima à janela. Já na orientação sul, houveram valores abaixo de 70% em uma região próxima à abertura. Esse resultado é uma consequência da quantidade de luz que entra diretamente pela janela. Nesse contexto, salienta-se que o alto conteúdo energético (luz e calor) pode ocasionar efeitos adversos, como o superaquecimento e o ofuscamento, além de danificar a integridade física dos materiais (PEREIRA,1995). A iluminação, ademais, está abaixo dos 70% nos fundos dessa sala, pois a janela não oferece uma abertura suficientemente grande para que a luz solar incida neste local.

No gráfico da orientação leste, verifica-se que os melhores resultados estão próximos da abertura e em direção norte do ambiente. Principalmente nas regiões ao sul e ao oeste dessa sala, os níveis de iluminação estão abaixo do recomendado. Já quando a janela foi inserida na orientação oeste, verifica-se uma situação parecida ao que ocorreu no caso leste: na região norte do ambiente os níveis são mais favoráveis. Entretanto, na proximidade da janela, há pequenas regiões com valores inferiores a 70%, indicando excesso de luz direta.

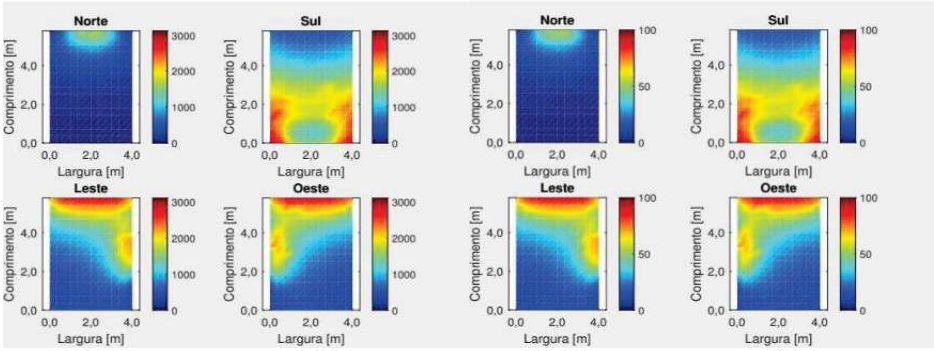

Figura 7 – UDI horário e percentual do ambiente simulado em Santa Maria/RS (OS AUTORES, 2021).

Para a simulação em Cuiabá, a Figura 8 mostra um comportamento similar ao visto na cidade de Santa Maria. Porém, observa-se que a área próxima à janela tem um UDI durante mais tempo fora da faixa analisada em todas as orientações em que a abertura foi inserida.

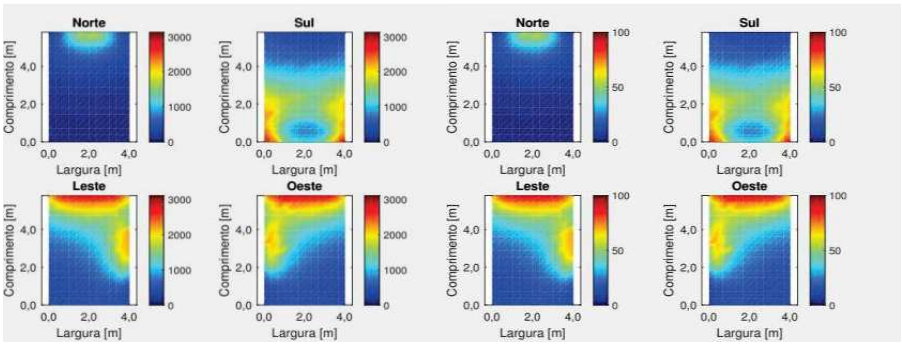

Figura 8 – UDI horário e percentual do ambiente simulado em Cuiabá/MT (OS AUTORES, 2021).

No município de Fortaleza, conforme a Figura 9, o comportamento da luz natural é semelhante aos locais anteriormente analisados. Quando a janela foi inserida nas orientações leste e oeste, entretanto, os valores são mais favoráveis nas regiões centrais do ambiente, se comparados aos demais municípios.

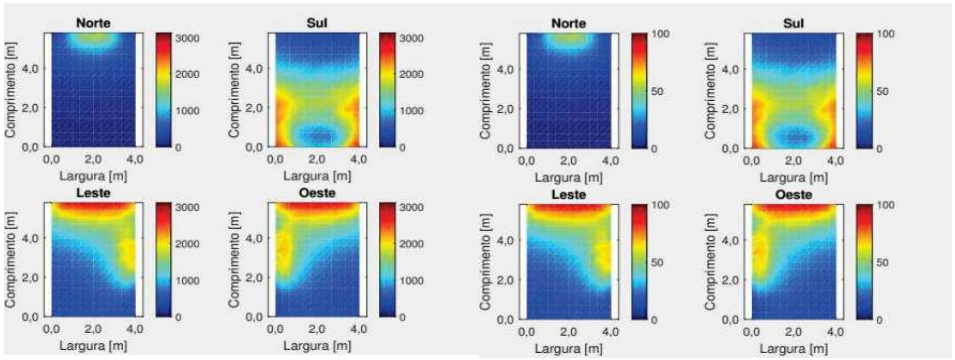

Figura 9 – UDI horário e percentual do ambiente simulado em Fortaleza/CE (OS AUTORES, 2021).

Para a comparação do UDI entre os locais, foram estabelecidas as médias dos valores considerando a abertura nas distintas orientações (Quadro 2).

Orientação da janela	Cidade	100 a 3000 lux
Sul	Santa Maria	1499
	Cuiabá	1175
	Fortaleza	1252
Norte	Santa Maria	322
	Cuiabá	322
	Fortaleza	321
Leste	Santa Maria	1140
	Cuiabá	1141
	Fortaleza	1137
Oeste	Santa Maria	1155
	Cuiabá	1147
	Fortaleza	1159

Quadro 2 – Valores médios de UDI para cada local (OS AUTORES, 2021).

Os valores mostram que a orientação sul foi a que apresentou melhor distribuição de luz natural nas três cidades, opondo-se à orientação norte, que evidenciou os valores médios mais baixos na faixa de UDI. Considerando as cidades analisadas (que são situadas no hemisfério sul), a fachada com orientação sul é a que recebe menor incidência solar direta, principalmente nas maiores latitudes, diferente da orientação norte, que tem a maior incidência (ALBUQUERQUE; AMORIM, 2012).

5. CONCLUSÕES

O presente artigo objetivou a realização de uma análise de desempenho lumínico de um ambiente residencial, considerando cidades de 3 zonas bioclimáticas brasileiras distintas, conforme a ABNT (2005), o que viabilizou a comparação dos valores. O estudo foi realizado por meio de simulações de radiação global horizontal e da verificação da métrica UDI. Os resultados pontuam deficiências que devem ser analisadas e trabalhadas por projetistas de diferentes regiões, de forma a tornar o espaço mais confortável e eficiente energeticamente.

Quanto aos valores de radiação global horizontal, os menores foram verificados em Santa Maria (zona bioclimática 2), principalmente nos meses de maio até agosto. Já em Fortaleza (zona bioclimática 8), os valores são altos em todos os meses, principalmente no final da manhã e início da tarde. Cuiabá (zona bioclimática 7) evidencia maiores períodos de alta intensidade de radiação global horizontal do que Santa Maria, mas, principalmente na estação de inverno, apresenta dias com valores bastante baixos (cerca de 200 Wh/m²). Fortaleza, que possui a menor latitude dentre as 3 cidades, evidenciou baixíssimas variações de radiação global horizontal durante o ano em comparação com os demais locais. Nesse sentido, os ambientes

projetados para a cidade de Fortaleza apresentam uma maior probabilidade de sofrer as consequências oriundas do excesso de luz.

Em relação ao UDI, principalmente na região oposta à janela, foram identificados valores inferiores aos indicados para o ambiente, em virtude da alta profundidade do espaço em relação à incidência iluminação natural. Esse cenário é constatado principalmente quando a janela foi situada na orientação norte, o que aponta a necessidade de complemento com iluminação artificial. Ademais, quando a janela foi situada na orientação sul, verificou-se um excesso de luz solar na região próxima à janela para os 3 casos.

De forma geral, Santa Maria mostrou uma maior média de iluminação natural dentro do intervalo de 100 a 3000 lux para o ambiente residencial simulado, seguida de Cuiabá. Vale destacar, entretanto, que a faixa de UDI considera um grande intervalo, estando sujeita à admissão de ambientes em que há a ocorrência de desconforto visual, por exemplo. Nesse âmbito, Mardaljevic *et al*. (2012) estabelecem que os limites UDI são ilustrativos, e objetivam auxiliar nas análises de iluminação natural.

Como possível continuidade do estudo, sugere-se ampliar a pesquisa considerando o uso de distintos materiais e especificidades arquitetônicas no modelo, como vidros reflexivos e espectralmente seletivos e diferentes dimensões de aberturas. Também se propõe ampliar a análise para mais zonas bioclimáticas brasileiras, tendo em vista enriquecer as comparações de desempenho lumínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ALBUQUERQUE, M. S. C, de; AMORIM, C. N. D. 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**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 37-57, jun. 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2012.

CUIABÁ. Lei complementar n° 102, de 03 de dezembro 2003. **Altera a Parte III da Lei Complementar Nº 004/92 Código de Obras e Edificações no Município de Cuiabá**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano Sustentável, Cuiabá, 03 de dezembro de 2003.

DESIGNBUILDER. **Daylighting Calculations**. [201-?]. Disponível em: https://designbuilder.co.uk/helpv4.5/Content/DaylightingCalculations.htm. Acesso em: 19 jun. 2021.

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA F. O. R. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p 139-154, 2010.

ELETROBRÁS. **Manual para a aplicação do RTQ-R**. [S.l.]: PROCEL, 2012. 202 p.

FERNANDES, J. T. **Qualidade da Iluminação Natural e o Projeto Arquitetônico**: a relação da satisfação do usuário quanto à vista exterior da janela e a percepção de ofuscamento. 2016. 344 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FORTALEZA. Lei n° 5.530 de 17 de dezembro 1981. **Dispõe sobre o Código de Obras e Posturas do município de Fortaleza e da outras providências.** Procuradoria Geral do Município, Fortaleza, 17 de dezembro de 1981.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994. 263p.

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2018. **Arquivos Climáticos**. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos. Acesso em: 20 jan. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. São Paulo: PW Editores, 2014.

MARDALJEVIC, J. et al. Daylight Metrics for Residential Buildings. In: SESSION OF THE CIE, 27., 2011, África do Sul. **Proceedings [...].** África do Sul: [S.n], 2011. p. 93-111.

MARDALJEVIC, J. et al. Daylighting Metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability. In: BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE, 1., 2012, Loughborough**. Proceedings […].** Loughborough: IBPSA, 2012. p.189-196.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2012, 138 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional.** Distrito Federal, 2020. 264 p.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. *Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm to Access Daylight in Buildings.* ***Lighting Research Technology,*** [S.l.], v. 37, n. 1, 2005.

PEREIRA, D. C. L. **Iluminação Natural em Edifícios de Escritório:** metodologia para a avaliação do desempenho luminoso. 2017. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

PEREIRA, F. O. R. **Iluminação natural no ambiente construído**. Gramado: [S.n.], 1995. Apostila didática do curso ministrado no III Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano de conforto no ambiente Construído.

SELKOWITZ, S. E. High Performance Glazing Systems: architectural opportunities for the 21st century. In: GLASS PROCESSING DAYS 99 CONFERENCE, 1., 1999, Tampere. **Anais [...].** Tampere: [S.n.], 1999. p. 1-11. Disponível em: https://windows.lbl.gov/publications/high-performance-glazing-systems-architectural-opportunities-21st-century. Acesso em: 01 fev. 2021.

REINHART, C. F.; WEINOLD, J. *The Daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylit spaces.* ***Building and Environment,*** [S.l.], v.46, n.2, p 386-396, 2011.

RELVA, S. G. **Método de caracterização da irradiação para geração fotovoltaica**: uma análise sistêmica da modelagem da energia primária. 2017. 267 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
SANTA MARIA. Lei complementar n° 070, de 04 de novembro 2009. **Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Santa Maria e dá outras providências**. Secretaria de Município de Gestão e Modernização Administrativa, Santa Maria, 04 de novembro de 2009.
SHEN, H.; TZEMPELIKOS, A. Daylighting and energy analysis of private offices with automated interior roller shades. **Solar Energy**, [S.l.], v. 86, n. 2, p. 681-704, fev. 2012.
VINE, E.; LEE, E.; CLEAR, R.; DIBARTOLOMEO, D.; SELKOWITZ, S.. *Office worker response to an automated Venetian blind and electric lighting system: a pilot study.* ***Energy And Buildings****,* [S.l.], v. 28, n. 2, p. 205-218, out. 1998.