

ILUMINAÇÃO NATURAL NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: PROPOSTA DE ABERTURA EM DIFERENTES LOCALIDADES NO BRASIL

Luana Quirino (1); Yasmin Vaz (2); Solange Leder (3)

(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, luanammq@gmail.com

(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, yasminvaz_47@hotmail.com

(3) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, solangeleder@yahoo.com.br
Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, LabCon, João Pessoa – PB

RESUMO

Em um país tropical, onde a luz é abundante, não há justificativa para o não aproveitamento da mesma na iluminação dos ambientes internos, uma vez que a luz natural proporciona conforto e economia de energia. Na habitação de interesse social (HIS) a necessidade de aproveitamento da luz natural é ainda maior, visto que os usuários possuem restrições econômicas. Assim, o objetivo desse trabalho é analisar o desempenho da iluminação natural em uma unidade padrão de habitação de interesse social, locada em 7 cidades brasileiras. O sistema proposto consiste em uma abertura cuja dimensão corresponde a 30% da área do piso e que foi dividida em: 1/3 para iluminação e 2/3 para iluminação, ventilação, visão do exterior, proteção solar e da chuva. As localidades escolhidas cobrem as principais latitudes do país espaçadas em intervalos de 5° e correspondem às cidades: Porto Alegre; Curitiba; Vitória; Cuiabá; Aracaju; Natal e Belém. A pesquisa foi realizada através de simulação computacional com o programa Daysim. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o sistema de abertura proposto é adequado à iluminação natural dos dois tipos habitacionais de interesse social em estudo. Em ambos, verificou-se percentual de 55% do ambiente com iluminância entre 150 e 2000 lux, em todas as cidades simuladas, em pelo menos 75% das horas do ano. Nas seguintes cidades: Belém, Natal, Vitória e Cuiabá o desempenho foi ainda melhor: 55% do ambiente, o mais, com iluminância entre 150 e 2000 lux acima de 90% das horas do ano.

Palavras-chave: Iluminação natural, simulação da iluminação, habitação de interesse social.

ABSTRACT

In a tropical climate, where sunlight is abundant, there is no justification for not using daylight. It is widely known that daylight can provide a better environment, as well as energy efficiency. Concerning social dwellings, a good window design is crucial to reducing energy costs, since the users have economic restrictions. Thus, the objective of this work is to analyze the daylighting performance of a single-family residential building that represents a model of a social dwelling unit, located in 7 Brazilian cities, whose window is divided in as follows: 1/3 for lighting and 2/3 for lighting, ventilation, exterior vision, sun and rain control. The window size corresponds to 30% of the floor area. The chosen locations cover the main latitudes of the country, spaced in intervals of 5°, including the cities: Porto Alegre; Curitiba; Vitoria; Cuiabá; Aracaju; Natal and Belém. The research was carried out through a computer simulation using the Daysim software. From the results, a percentage of 55% of the room has an illuminance of 150 to 2000 lux, in all simulated cities, in at least 75% of the hours of the year. In the following cities: Belém, Natal, Vitória and Cuiabá the performance was even better: 55% of the environment with illuminance of 150 to 2000 lux above 90% of the hours of the year.

Keywords: Daylighting, lighting simulation, social dwellings.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o critério mais utilizado na definição da dimensão das aberturas é a área da abertura em função da área do piso, cuja proporção varia de 1/6 a 1/10. A predominância desse critério deve-se especialmente ao fato do mesmo estar incluído nas exigências dos códigos de edificações municipais. Outras normativas também utilizam critério similar, como a NBR 15.220, cuja proporção varia de 10% a 40% a área do piso. Contudo, esses critérios são limitados, especialmente por desconsiderarem o clima, a condição de céu predominante e, até mesmo, a trajetória solar e a orientação da abertura (AMARAL E PEREIRA, 1999; FERNANDES, 2009; LARANJA, GAZZANEO & CABUS, 2009). As aberturas, além da iluminação natural, desempenham funções como: a ventilação, a visão do exterior, a proteção ou captação da radiação solar, a proteção da água da chuva e até mesmo, saída de emergência. Pode-se afirmar que, frequentemente, essas funções têm recebido pouca importância no desenvolvimento do projeto.

A dimensão da abertura não é a única variável que impacta na distribuição e nos níveis de iluminação natural, outras variáveis como a posição da abertura e a forma do ambiente são também relevantes. Especialmente a profundidade do ambiente tem considerável impacto na iluminação natural. A profundidade adequada, para garantir a iluminação natural nas partes mais distantes da abertura, pode ser identificada a partir de recomendações como: a profundidade do ambiente deve ser 2 a 2,5 vezes a altura da janela para que haja suficiente iluminação natural no ambiente (CIBSE - Chartered Institution of Building Services Engineers, 1987). Segundo Reinhart (2005), o alcance da luz natural no ambiente depende também de variáveis como: a transparência do vidro, o nível de iluminação desejado e o percentual mínimo do ano a ser iluminado naturalmente.

Ao projetar a abertura, além do conforto térmico e lumínico, deve-se considerar o impacto que os elementos de proteção solar provocam na visão interior-exterior do usuário. Considerando a dinâmica da trajetória solar o sombreamento total da abertura frequentemente resulta em um sistema de proteção muito obstrutivo, que interfere na visão do exterior, sendo muitas vezes avaliado negativamente pelos usuários. A visão do ambiente externo associada à presença da luz natural, especialmente quando vinculada à natureza ou uma paisagem atraente, contribui para o bem estar, com efeitos consideráveis sobre a saúde (TREGENZA, LOE, 2015). Preferencialmente a linha do horizonte deve estar visível, evitando-se a separação entre céu e elementos do entorno construído ou natural (VEITCH, GALASIU, 2012). Nesse contexto, a veneziana (elementos horizontais múltiplos) é um sistema que apresenta bom desempenho em relação às diversas funções que a abertura possui sem obstruir em demasia a visão do exterior (Cho, Yoo e Kim, 2014).

Não há justificativa para o não aproveitamento da iluminação natural no clima tropical, uma vez que, quando controlada corretamente, a luz natural pode proporcionar conforto em grande parte do ano dispensando as fontes artificiais. É necessário, contudo, ao dimensionar o sistema de abertura, respeitar todas as funções que ela deve desempenhar. Em se tratando habitações de interesse social (HIS) o projeto adequado da abertura é ainda mais relevante, visto que os usuários possuem restrições econômicas.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é analisar o desempenho da iluminação natural em uma unidade padrão de habitação de interesse social, locada em 7 cidades brasileiras (espaçadas em intervalos de 5° de latitude), cujo sistema de abertura possibilita: iluminação, ventilação, visão do exterior, proteção solar e da chuva.

3. MÉTODO

O estudo foi realizado utilizando a simulação computacional como método de cálculo da iluminação natural. Dentre as ferramentas gratuitamente disponíveis optou-se pelo programa Daysim¹. Para a simulação foram utilizados arquivos climáticos no formato TRY (*Test Reference Year*), que representam um ano de dados médios para um local específico, sem extremos de temperatura. Os arquivos de dados são formados a partir de medições realizadas em estações climatológicas que, por sua vez, estão sujeitas a erros e interrupções, decorrentes de defeitos nos equipamentos ou outro problema. Erros e ausência no banco de

¹ DAYSIM é um programa de simulação da luz natural cujo cálculo da iluminação global é baseado no algoritmo *Ray Tracing (RADIANCE)*. O desenvolvimento do programa, coordenado por Christoph Reinhart (MIT) desde 1998, foi realizado no âmbito das seguintes instituições: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE) Alemanha; Harvard University; Massachusetts Institute of Technology (MIT) e National Research Council (NRC) Canada.

dados, assim como, a carência de estações climatológicas certamente afetam a qualidade dos dados (SCHELLER *et al.*, 2015), contudo, pesquisas dessa natureza tem sido realizadas, ainda que apresentem essa limitação, que é conhecida e deve ser considerada. Assim, foram utilizados arquivos climáticos (TRY) de 7 cidades brasileiras, espaçadas em intervalos de aproximadamente 5° de latitude: Porto Alegre - latitude 30°01'; Curitiba - latitude 25°25'; Vitória - latitude 20°19'; Cuiabá - latitude 15°35'; Aracaju - latitude 10°54'; Natal - latitude 05°47'; e Belém - latitude 01°27'. Com exceção de Curitiba (altitude 935 m) e Cuiabá (176 m) as demais cidades estão ao nível do mar.

Adotou-se a configuração de sessenta minutos para cada simulação. O horário estabelecido foi das 7:00h às 17:00h. Para a definição do nível mínimo de iluminância optou-se pela recomendação da NBR 5413 (ainda que esta norma tenha sido substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1), pois esta apresenta 3 níveis de exigência, tendo sido adotado o nível de exigência médio. O limite mínimo adotado, de 150 lux, é recomendado para os seguintes usos: sala de estar, cozinha quarto e banheiro. O grid de pontos foi definido a partir da recomendação do LEED (2014) que determina uma malha de pontos com distância inferior 60 cm (entre os pontos de análise), locados a uma altura do plano de trabalho de 76 cm acima do piso. A definição do número de pontos é de acordo com a área de cada ambiente da unidade habitacional em estudo. Os modelos tridimensionais utilizados foram construídos no SketchUp e exportados em formato 3DS para o Daysim. No arquivo de materiais os coeficientes de reflexão das superfícies internas foram configurados de acordo com a norma DIN 5034, sendo adotado para o piso o índice de 30%, para as paredes 60% e o forro 70%.

O programa Daysim tem como dados de saída medidas dinâmicas como o fator de luz natural (DF – Daylight Factor), a autonomia de luz natural (DA – Daylight Autonomy), a iluminância natural útil (UDI – Useful Daylight Illuminance), etc. As medidas dinâmicas consideram a variação da luz natural ao longo do dia e do ano, tendo como base informações climáticas. Dentre as medidas dinâmicas de desempenho, a Iluminância Útil da Luz Natural - UDI, introduzida por Nabil & Mardaljevic (2005, 2006) corresponde à frequência de ocorrência da iluminância em um intervalo de iluminação natural considerado útil. Os resultados da UDI, calculados pelo programa em cada ponto de análise, foram inseridos em uma planilha de cálculo (Excel) para a categorização dos dados e a obtenção do desempenho da iluminação em relação à área do ambiente (ao longo do ano). Os intervalos adotados na Iluminância útil da luz natural foram: a) menor que 150 lux; b) entre 150 e 2000 lux, c) maior que 2000 lux. A análise de desempenho teve como base o critério utilizado no LEED² (versão 2014). Segundo o mesmo, a iluminância mínima deve ocorrer em mais de 50% das horas do ano em pelo menos 55% da área do ambiente (pontuação adicional é obtida para a condição de 75% e 90% do ambiente). Na análise realizada nesta pesquisa, adotou-se o seguinte critério: pelo menos 55% do ambiente com iluminância entre 150 e 2000 lux, em mais de 50%, 75% e 90% do ano (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de iluminância utilizadas na iluminação natural

UDI <150 lux	UDI 150-2000 lux	UDI >2000 lux
Superior a 10% do ano	Superior a 50% do ano	Superior a 10% do ano
Superior a 25% do ano	Superior a 75% do ano	Superior a 25% do ano
Superior a 50% do ano	Superior a 90% do ano	Superior a 50% do ano

O objeto de estudo tem como base o projeto de habitação de interesse social desenvolvido pelo Programa Minha Casa Minha Vida (Governo Federal em parceria com os estados e municípios e operacionalizado com recursos da CAIXA). A unidade residencial unifamiliar possui 35 m² de área total, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 2 quartos (Quadro 1). A edificação é térrea e possui a cobertura em duas águas. A dimensão das aberturas corresponde a 30% da área do piso, atendendo à NBR 15.550, que recomenda dimensão da abertura com 10% a 40% da área do piso em ambientes de longa permanência. A abertura foi seccionada em duas partes: 1/3 com função de iluminação, na parte superior da abertura (bandeira), e 2/3 com função de iluminação, ventilação, proteção solar e visão do exterior, na parte inferior da abertura. Assim, a abertura consiste em uma solução mista de veneziana (alumínio) e vidro. A disposição das aletas (veneziana) é no sentido horizontal. As aletas possuem dimensão de 0,02 m de espessura por 0,04 m de profundidade. O espaçamento entre as aletas é de 0,04 m, cujo coeficiente de reflexão é de 85%. O coeficiente de transmitância do vidro é de 87%. A definição do sistema de abertura escolhido foi baseada na pesquisa de Leder, Lima e Leal (2015).

² LEED – Sistema de certificação de edifícios sustentáveis (Leadership in Energy and Environmental Design) mantido pelo U.S. Green Building Council (USGBC).

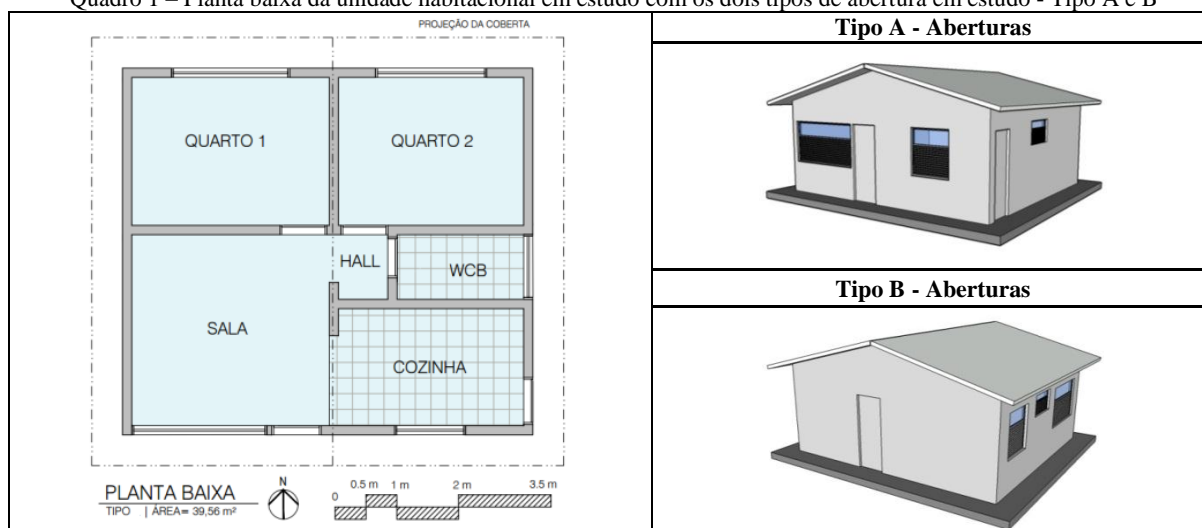
A unidade habitacional foi analisada em duas orientações: eixo norte/sul e eixo leste/oeste. A localização da abertura na fachada foi alternada: Tipo A com as aberturas nas fachadas frontal e posterior (frontão) e Tipo B com as aberturas nas fachadas laterais, ver Quadro 1 e Tabela 2, que possibilitou investigar duas profundidades de ambientes na cozinha e nos dormitórios.

Complementarmente, foi realizada uma investigação sobre a visão do exterior a partir de uma veneziana similar ao sistema proposto, que consistiu no levantamento da paisagem visualizada a partir da abertura com veneziana. Assim, registros fotográficos da visão do exterior foram tomados, em três pontos distantes da abertura, na proporção de 1/4, 2/4 e 3/4 da profundidade do ambiente. Com essas imagens foi possível observar a obstrução da veneziana na visão da paisagem externa.

Tabela 2 – Dimensionamento da habitação isolada, tipo A e B

Ambiente	Área do piso	30% PAP	Altura do peitoril	Altura da janela
Sala (3,15 x 3,10)	9,76 m ²	2,93 m ²	0,90 m	1,34 m
BWC (1,90 x 1,05)	1,99 m ²	0,60 m ²	1,60 m	0,6
Cozinha (3,00 x 1,90)	5,70 m ²	1,71 m ²	0,90 m	1,20 m
Quarto 01 (3,20 x 2,4)	7,68 m ²	2,30 m ²	0,90 m	1,20 m
Quarto 02 (3,00 x 2,40)	7,20 m ²	2,16 m ²	0,90 m	1,20 m

Quadro 1 – Planta baixa da unidade habitacional em estudo com os dois tipos de abertura em estudo - Tipo A e B



4. RESULTADOS

Os resultados obtidos com a simulação da luz natural, para cada modelo de habitação em estudo, foram organizados por cidades e serão apresentados em ordem crescente de latitude: Belém, Natal, Aracaju, Cuiabá, Vitória, Curitiba e Porto Alegre. Antes, contudo, será apresentado o estudo da visão do exterior através da veneziana.

Sobre a visão do exterior observou-se que, mesmo havendo várias interrupções, em consequência da repetição das aletas, a percepção visual não é comprometida (ver Figuras 1 e 2). Fato que pode ser explicado pela teoria da Gestalt - segundo a lei da proximidade, os elementos próximos tendem a ser agrupados. Ou seja, ainda que a cena do exterior esteja segmentada pelas aletas, estes segmentos estão próximos, o que permite o agrupamento e favorece a capacidade perceptiva da mente de visualizar o todo. Outro aspecto, também retirado da teoria da Gestalt, é que o fenômeno da percepção visual está relacionado com a simetria, estabilidade, equilíbrio, simplicidade e regularidade, sendo a qualidade visual favorecida pela simplicidade presente na sequência de elementos horizontais. Assim, concluiu-se que a abertura mista utilizada nesta pesquisa permite além da ventilação e iluminação, o contato com o exterior.



Figura 1 - Visão do exterior com o observador localizado a uma distância correspondente a 1/4 da profundidade do ambiente



Figura 2 - Visão do exterior com o observador localizado a uma distância correspondente a 3/4 da profundidade do ambiente

Belém, capital do Pará, situada na zona bioclimática 8, latitude 01° 27' S e longitude 48° 30' W possui clima equatorial, com uma temperatura média anual de 26 °C. Conforme resultados apresentados na Tabela 3, o intervalo de 150 a 2000 lux é atingido em um percentual das horas do ano superior a 90%, em 55,7% do ambiente. Nas duas orientações o desempenho é satisfatório, no tipo B, que possui maior profundidade de ambiente (distância em relação à abertura) os níveis de iluminação são levemente inferiores, com um percentual menor de iluminância no intervalo superior a 2000 lux que, por outro lado, resultou em um desempenho melhor do sistema, posto que em 79,8% do ambiente, o intervalo de 150 a 2000 lux é atingido em 90% das horas do ano.

Tabela 3 - Iluminância útil da luz natural em Belém – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	3,8	Maior que 50	95,2	Maior que 10	34,6
Maior que 25	0,0	Maior que 75	80,8	Maior que 25	19,2
Maior que 50	0,0	Maior que 90	57,7	Maior que 50	4,8
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	3,8	Maior que 50	100,0	Maior que 10	9,6
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	79,8	Maior que 50	0,0

Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, localiza-se na latitude 05° 47' S, longitude 35° 12' W', e na zona bioclimática 8. O clima é tropical chuvoso quente, com verão seco e temperatura média anual de 26 °C. Os resultados obtidos para Natal se assemelham àqueles de Belém, com um desempenho um pouco acima: o intervalo de 150 a 2000 lux é atingido em 67,3% do ambiente e, em um percentual das horas do ano

superior a 90% (ver Tabela 4). Nas duas orientações o desempenho da iluminação é também satisfatório. No tipo B, que possui maior profundidade de ambiente (distância em relação à abertura), o percentual de iluminação no intervalo superior a 2000 lux é menor, fato que contribui positivamente, elevando o desempenho da iluminação para 75% do ambiente com iluminação no intervalo útil, de 150 a 2000 lux, em 90% das horas do ano.

Tabela 4 - Iluminância útil da luz natural em Natal – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	97,1	Maior que 10	30,8
Maior que 25	0,0	Maior que 75	82,7	Maior que 25	17,3
Maior que 50	0,0	Maior que 90	67,3	Maior que 50	2,9
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	100,0	Maior que 10	19,4
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	75,0	Maior que 50	0,0

Aracaju, capital de Sergipe, cuja latitude é 10° 54' S e longitude 37° 04' W, possui clima quente e úmido, com período chuvoso de março a agosto. A temperatura média anual no local é de 26 °C e situa-se na zona bioclimática 8. A iluminação natural nesta localidade teve desempenho um pouco inferior a Belém e Natal, somente 49% do ambiente apresentou iluminância no intervalo de 150 a 2000 lux em 90% das horas do ano, enquanto 78,8% do ambiente com iluminância no intervalo de 150 a 2000 lux é atingido 75% das horas do ano (Tabela 5). No tipo B, assim como nas demais localidades a iluminância é menor, essa redução é especialmente percebida quando considerado o percentual de 90% das horas do ano. Neste, apenas em 21,2% do ambiente o intervalo de 150 a 2000 lux é atingido. Embora, pode-se afirmar que o desempenho com o tipo B ainda é satisfatório, pois, 96,2% do ambiente apresentou iluminância útil (150-2000 lux) em 75% das horas do ano.

Tabela 5 - Iluminância útil da luz natural em Aracaju – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	3,8	Maior que 50	94,2	Maior que 10	26,9
Maior que 25	0,0	Maior que 75	78,8	Maior que 25	16,3
Maior que 50	0,0	Maior que 90	49,0	Maior que 50	2,9
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	5,8	Maior que 50	99,0	Maior que 10	17,3
Maior que 25	0,0	Maior que 75	96,2	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	21,2	Maior que 50	0,0

Cuiabá, capital do Mato Grosso, localiza-se na latitude 15° 35' S e na longitude: 56° 05' W. O clima é tropical úmido, inserido na zona bioclimática 7 possui temperatura média em torno de 26 °C, extremos de temperatura de até 40 °C no verão e, esporadicamente, abaixo de 10 °C no inverno. Conforme consta na Tabela 6, a habitação tipo A, em Cuiabá, apresentou em 71,2% do ambiente iluminância no intervalo de 150-2000 lux em 90% das horas do ano, enquanto o tipo B, para 90% das horas do ano, o intervalo de 150-2000 lux ocorreu em 84,6% do ambiente. Assim, pode-se afirmar que o tipo B teve desempenho superior.

Tabela 6 - Iluminância útil da luz natural em Cuiabá – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	95,2	Maior que 10	27,9
Maior que 25	0,0	Maior que 75	85,6	Maior que 25	14,4
Maior que 50	0,0	Maior que 90	71,2	Maior que 50	4,8
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	100,0	Maior que 10	8,7
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	84,6	Maior que 50	0,0

Vitória, capital do Espírito Santo, latitude 20°19' e longitude 40°20' está inserida na zona bioclimática 8, possui clima tropical e temperatura média anual de 24 °C. O desempenho da iluminação natural foi satisfatório nos dois tipos de habitação analisados em Vitória: no tipo A observa-se que 67,3% do ambiente apresentou iluminância no intervalo útil em 90% das horas do ano (Tabela 7), enquanto no tipo B, em 81,7% do ambiente a iluminância no intervalo útil foi atingida em 90% das horas do ano. Destaca-se a redução da iluminância acima de 2000 lux, especialmente no ambiente tipo B.

Tabela 7 - Iluminância útil da luz natural em Vitória – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	95,2	Maior que 10	27,9
Maior que 25	0,0	Maior que 75	89,4	Maior que 25	9,6
Maior que 50	0,0	Maior que 90	67,3	Maior que 50	2,9
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	2,9	Maior que 50	100,0	Maior que 10	3,8
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	81,7	Maior que 50	0,0

Curitiba, capital do Paraná, latitude 25° 25' S e longitude: 49° 16' W apresenta clima temperado e situa-se na zona bioclimática 1. Nos dois tipos analisados, A e B, a iluminância no intervalo útil em 90% das horas do ano não atinge o patamar desejável de 55% do ambiente (Tabela 8). Considerando 75% das horas do ano, é possível atingir o intervalo útil em 84,6% e 100% do ambiente, respectivamente nos tipos A e B. Não foi registrado iluminância superior a 2000 lux no tipo B, ao mesmo tempo em que, observa-se um aumento das iluminância no intervalo inferior a 150 lux.

Tabela 8 - Iluminância útil da luz natural em Curitiba – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	3,8	Maior que 50	96,2	Maior que 10	27,9
Maior que 25	0,0	Maior que 75	84,6	Maior que 25	13,5
Maior que 50	0,0	Maior que 90	53,8	Maior que 50	3,8
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux	% do ambiente	UDI 150-2000 lux	% do ambiente	UDI > 2000 lux	

% no ano		% no ano		% no ano	% do ambiente
Maior que 10	10,6	Maior que 50	100,0	Maior que 10	0,0
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	45,2	Maior que 50	0,0

Porto Alegre, capital do estado Rio Grande do Sul, latitude 30° 01' S e longitude 51° 13' W, está situada na zona bioclimática 2, cujo clima é classificado como subtropical úmido e apresenta temperatura média de 19.5 °C. A iluminação natural na habitação do tipo A, assim como em Curitiba, não atingiu o patamar desejável de 55% do ambiente no intervalo útil em 90% das horas do ano, já no tipo B, 76% do ambiente apresentou iluminância útil em 90% do ano (Tabela 9).

Tabela 9 - Iluminância útil da luz natural em Porto Alegre – percentual do ambiente e percentual das horas do ano.

Tipo A – aberturas orientadas para norte e sul					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	3,8	Maior que 50	94,2	Maior que 10	27,9
Maior que 25	0,0	Maior que 75	82,7	Maior que 25	13,5
Maior que 50	0,0	Maior que 90	45,2	Maior que 50	3,8
Tipo B – aberturas orientadas para leste e oeste					
UDI <150 lux % no ano	% do ambiente	UDI 150-2000 lux % no ano	% do ambiente	UDI > 2000 lux % no ano	% do ambiente
Maior que 10	0,0	Maior que 50	100,0	Maior que 10	19,2
Maior que 25	0,0	Maior que 75	100,0	Maior que 25	0,0
Maior que 50	0,0	Maior que 90	76,0	Maior que 50	0,0

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o sistema de abertura analisado neste trabalho é adequado à iluminação natural dos dois tipos habitacionais de interesse social em estudo. O referido sistema de abertura possui dimensão que corresponde a 30% da área do piso, esta foi seccionada em 1/3, com função de iluminação, e 2/3 com função de iluminação, ventilação e visão do exterior. Nos dois tipos habitacionais em estudo o desempenho lumínico foi satisfatório, já que ambos alcançaram o percentual de 55% do ambiente com iluminância entre 150 e 2000 lux, em todas as cidades simuladas, em pelo menos 75% das horas do ano. Nas seguintes cidades: Belém, Natal, Vitória e Cuiabá o desempenho foi ainda melhor: 55% do ambiente, o mais, com iluminância entre 150 e 2000 lux acima de 90% das horas do ano.

Em relação às localidades analisadas, como esperado, a latitude é um fator de impacto nas iluminâncias. As cidades de latitude maior, Curitiba e Porto Alegre, apresentam níveis mais reduzidos de iluminação. Nas demais cidades o excesso de iluminação é mais presente. Ressalta-se a necessidade de estudos sobre o excesso de iluminação, já que em grande parte das situações analisadas a presença de iluminância elevada é significativa, especialmente no tipo A (dormitórios e cozinha com menor profundidade) em mais de 10% das horas do ano iluminância superior a 2000 lux ocorreu em torno de 30% do ambiente. Finalizando, em relação aos dados climáticos utilizados neste trabalho, erros e ausências no banco de dados, assim como, a carência de estações climatológicas certamente afetam a qualidade dos dados, contudo, pesquisas dessa natureza têm sido realizadas, ainda que apresentem essa limitação, que é conhecida e deve ser considerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDOMONTE, S.; SCHIAVON, S. Occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings. Building and environment, 2014.
- AMARAL, M. G. V.; PEREIRA, F. O. R. **Iluminação natural**: revisão da legislação construtiva de Florianópolis. In: ENCONTRO NACIONAL, 5. ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., Fortaleza, 1999. Anais... Fortaleza, 1999.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho parte 1 Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

- _____. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- DIN 5034 - Part 1 (1983). **Daylight in Interiors**; General requirements. Deutche Industrie Norm.
- FERNANDES, J. T. **Código de Obras e Edificações do DF**: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. Brasília, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- LEDER, S. M.; LEAL, L. Q.; LIMA, E. F. C. Percentual de abertura na fachada e tipos de fechamento no desempenho lumínico da edificação. In: ENCONTRO NACIONAL, XIII ENCONTRO NACIONAL E IX ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Campinas. 2015. Anais....
- REINHART, C. F. **Simulation-Based Review of the Ubiquitous Window-Headheight to Daylit Zone Depth Rule-of-Thumb**. In: BUILDINGS SIMULATION, Toronto, 2005. Proceedings. Toronto, 2005.
- CIBSE - THE CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS. **Windows Design: applications manual**. Londres, 1987.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research & Technology*, v.37, n.1, p.41-59, 2005.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, v.38, n.7, p.905-913, 2006.
- SCHELLER, C.; MELO, A. P.; SORGATO, M.; LAMBERTS, R. Análise de arquivos climáticos para a simulação do desempenho energético de edificações. **Relatório de Pesquisa**. Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações – Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- TREGENZA, P; LOE, D. **Projeto de iluminação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- VEITCH, J.; GALASIU, A. **The physiological and Psychological effects of windows, daylight, and view at home**: Review and Research Agenda. NRC-IRC Research Report RR325. Ottawa: National Research Council, 2012. Disponível em <<http://doi.org/10.4224/20375039>>

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ e à UFPB pelo apoio financeiro às alunas Luana Quirino e Yasmin Vaz através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).