

A ESTIMATIVA ANUAL DA LUZ NATURAL EM UNIDADES HABITACIONAIS: O CASO DO CONJUNTO HABITACIONAL JARDIM IPÊS DO PROGRAMA MCMV

THE ANNUAL DAYLIGHT ESTIMATE OF HOUSING UNITS: THE CASE OF THE JARDIM IPÊS COMPLEX IN THE MCMV PROGRAM

 Franciele Rohr ¹

 Giane de Campos Grigoletti ²

 Anderson Claro ³

 Bruna Zambonato ⁴

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, franciele@uceff.edu.br

² Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, giane.c.grigoletti@ufsm.br

³ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, anderson.claro@ufsc.br

⁴ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, zambonato.bruna@acad.ufsm.br

Contribuição dos autores:

FR: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **GCG:** conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **AC:** conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **BZ:** análise formal, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição

Fomento: Não houve fomento.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

Editor Responsável:

Letícia de Oliveira Neves 

Resumo

O Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) impulsionou a construção de edificações habitacionais de interesse social no Brasil. Um dos quesitos para avaliar a qualidade dessas edificações é a iluminação natural. Ela interfere no conforto e na saúde dos usuários, além de contribuir para a eficiência energética das edificações. Esta pesquisa objetivou avaliar a estimativa anual da luz natural em unidades habitacionais (UH) do Conjunto Habitacional Jardim Ipês que se enquadra no Programa MCMV. O método baseia-se na Avaliação Pós-Ocupação com foco na opinião dos usuários a respeito das condições de iluminação natural em suas moradias, bem como no RTQ-R, NBR 15575 e em métricas dinâmicas para a estimativa anual de luz natural, por meio de simulações computacionais com o programa APOLUX. Verificou-se que a maioria dos respondentes classificou a iluminação natural como clara e que são desempenhadas atividades nas UH que exigem índices mais altos de iluminância do que o mínimo preconizado pelo RTQ-R e NBR 15575 (60 lux). As simulações mostraram que as UH atendem aos parâmetros indicados no método de simulação do RTQ-R e as iluminâncias mínimas presentes da NBR 15575. Porém, não atenderam ao critério de níveis de iluminância menores que 2.000 lux, limite máximo para evitar ofuscamento. Como principal conclusão, propõe-se, para as normas e regulamentos, requisitos relacionados ao nível de iluminância máximo em ambientes residenciais além de níveis de iluminância específicos para atividades comumente realizadas em habitações do contexto estudado.

Palavras-chave: Iluminação natural. Opinião dos usuários. Simulação. APOLUX.

Abstract

The Brazilian program Minha Casa Minha Vida (MCMV) increased the construction of social housing in Brazil. One of the quality assessment requirements of these buildings is natural light. Besides contributing to the energy efficiency of buildings, daylight influences users' comfort and health. This research aimed to evaluate the annual daylight in housing units (UH) on the Jardim Ipês Housing Complex, part of the MCMV Program. The method is based on Post-Occupancy Assessment, focusing on users' opinions regarding daylight conditions in their homes and the RTQ-R, NBR 15575 and annual daylight metrics through computer simulations with the APOLUX software. It was found that most respondents classified daylighting as bright and that activities carried out in the UH require higher levels of illuminance than the minimum recommended by RTQ-R and NBR 15575. The simulations demonstrated that the UH meet the parameters indicated in the RTQ-R simulation method and the minimum illuminances present in NBR 15575. However, they did not meet the criteria of illuminance levels below 2.000 lux, the maximum limit to avoid glare. As the main conclusion, it is proposed, for the standards and regulations, requirements related to the maximum illuminance level in residential environments and specific illuminance levels for activities commonly carried out in dwellings in the studied context.

Keywords: Daylighting. Occupant's opinion. Simulation. APOLUX.

How to cite this article:

ROHR, F.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B. A estimativa anual da luz natural em unidades habitacionais: o caso do conjunto habitacional Jardim Ipês do Programa MCMV. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 12, p. e021025, 2021. ISSN 1980-6809 DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8661759>

Submitted 29.10.2020 – Approved 24.06.2021 – Published 10.09.2021

e021025-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 12, p. e021025, 2021, ISSN 1980-6809



Introdução

São diversos os condicionantes que devem ser avaliados em relação às edificações. Dentre eles, está a iluminação natural, requisito importante tanto para o conforto visual de seus usuários, quanto para a eficiência energética. O percentual de consumo de energia em habitações no Brasil se estratifica em 27%, referente à refrigeração, 24%, ao aquecimento de água, 20%, ao aquecimento do ar, 15%, aos eletrodomésticos em geral, e 14%, à iluminação artificial (ELETROBRAS, 2016). Observa-se que a iluminação artificial representa uma contribuição importante no consumo total de energia, mesmo não sendo a mais significativa. Além da contribuição para a eficiência energética de edificações, a iluminação natural traz benefícios como reduzir o cansaço visual e permitir a visão de cores em sua percepção natural (PILOTTO NETO, 1980). Claro et al. (2010) ressaltam a importância da luz natural a qual propicia, além do que foi citado, benefícios psicológicos.

De acordo com Laranja, Alvarez e Matarangas (2013), os níveis recomendados de iluminância mínima para iluminação artificial em habitações estão entre 75 lux e 750 lux. Para dormitórios e salas, os valores encontram-se entre 100 lux e 750 lux. Esses valores são baseados na norma NBR 5413 (ABNT, 1992) que foi substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Já Nabil e Mardaljevic (2006) propõem iluminâncias úteis entre 100 lux e 2.000 lux como adequadas para o desenvolvimento de tarefas visuais, ou seja, um intervalo de iluminâncias admissíveis. Valores abaixo do mínimo são insuficientes e, valores acima, podem causar ofuscamento e aquecimento excessivo dos ambientes.

A NBR 15575 (ABNT, 2013), em processo de revisão, para o requisito de iluminação natural, recomenda níveis mínimos de iluminância de 60 lux para os ambientes de permanência, valor abaixo dos preconizados pelas referências anteriormente citadas. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residências (RTQ-R), para o método por simulação, especifica que a maioria dos ambientes de permanência prolongada sem proteção solar devem “[...] comprovar a obtenção de 60 lux de iluminância em 70% da área do ambiente, durante 70% das horas com luz natural no ano.”, incluindo um critério temporal nas avaliações (BRASIL, 2012, p. 103). Observa-se que nenhuma dos documentos especifica valores máximos admissíveis.

Quando se objetiva a avaliação temporal, a simulação computacional é um método eficaz na estimativa anual de luz natural no interior de edificações, pois permite o uso de uma base anual de dados, por meio de arquivos climáticos. Essa abordagem não é possível por meio de medições que demandariam, no mínimo, um ano de coleta de dados, além de outras dificuldades inerentes às medições, como a condição de uso dos ambientes sendo avaliados (NABIL; MARDALJEVIC, 2006; REINHART; WIENOLD, 2011; MARDALJEVIC et al., 2012; ANDERSEN, 2015; XUE; MAK; HUANG, 2016; FABI; ANDERSEN; CORGNATI, 2016). Da mesma forma, a opinião dos usuários também é um método importante, uma vez que permite considerar, nas avaliações, aspectos culturais, sociais e econômicos que determinam preferências e necessidades específicas e ações efetuadas pelos usuários que influenciam a disponibilidade da iluminação natural, como uso de cortinas e posição para a realização de atividades em um cômodo (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015; MARDALJEVIC; HESCHONG; LEE, 2009; XUE; MAK; HUANG, 2016; MATOS; SCARAZZATO, 2017).

Em relação às variáveis usadas nas avaliações de estimativa anual de luz natural, métricas chamadas dinâmicas, que se apoiam em dados anuais de níveis de iluminância, são apontadas como as mais adequadas para o método de simulação (MARDALJEVIC;

HESCHONG; LEE, 2009; REINHART; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006). Dentre elas, estão a Autonomia da Luz Natural (DA) e a Iluminância Útil da Luz Natural (UDI). DA expressa a porcentagem de horas anuais para a qual um nível de iluminância mínimo é atingido em um ponto de referência e UDI é a porcentagem de horas anuais em que os níveis de iluminância estão dentro de um intervalo pré-estabelecido (CLARO, 2015). Estas métricas vêm sendo utilizadas em vários estudos, demonstrando sua aplicabilidade em pesquisas de iluminação natural (CAVALERI; CUNHA; GONÇALVES, 2018; DANIALESKI; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2019; XUE; MAK; HUANG, 2016; WANG; WEI; HUANG, 2020; TECHIO et al., 2021).

Quanto aos programas de acesso livre usados em simulações, tem-se, dentre outros, o Daysim e o EnergyPlus (DIDONÉ; PEREIRA, 2009), o Radiance (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, [2013]), o Tropix (CABÚS, 2005) e o Apolux (CLARO, 2015). De acordo com Bellia, Pedace e Fragliasso (2015), o arquivo climático que melhor apresenta resultados para estudos de iluminação natural é o SWERA, portanto, o programa deve ser compatível com este formato de arquivo. Além disso, ele deve ter uma interface flexível, que permita a simulação do entorno construído, rodar em sistemas operacionais disponíveis atualmente e simular as métricas dinâmicas DA e UDI, as quais a literatura científica indica como adequadas para este fim. Tendo em vista esses requisitos, o APOLUX incorpora parâmetros estabelecidos pela NBR CIE 8995-1 (ABNT, 2013), possibilita simulações dinâmicas, usa o arquivo SWERA como fonte de dados climáticos, leva em consideração o efeito do solo e a influência dos planos uniformes do entorno da edificação, usa algoritmos padronizados pelo Commission Internationale de L'Éclairage (CIE) e apresenta os resultados em imagens em escala de cores e dados numéricos (PEREIRA; PEREIRA; CLARO, 2011), facilitando a sua interpretação. O programa também atende os critérios propostos no Relatório Técnico CIE 171:206, que determina o método de validação para uso em simulação de iluminação (CUNHA; CLARO, 2012).

A opinião dos usuários, importante como contraponto e complementação à avaliação objetiva, baseia-se em aplicação de questionários ou entrevistas. Para maior uniformidade e comparação de resultados, perguntas fechadas são as mais indicadas (VILLA; SARAMAGO; GARCIA, 2015). Além disso, o uso de uma escala de valores, como a Lickert, por exemplo, presta-se ao levantamento do grau de satisfação ou insatisfação com aspectos que não podem ser percebidos por meio de perguntas fechadas (RHEINGANTZ et al., 2009; LAY; REIS, 2005). Para pesquisas de opinião em relação à iluminação natural, vários estudos têm usado essa abordagem, como aqueles encaminhados por Day (2012), Dogan e Park (2020), Xue, Mak e Huang (2016), Xue, Mak e Cheung (2014), Lim et al. (2017), Jakubiec, Quek e Srisamranrungruang (2018), Wang, Wei e Ruan (2020) e Techio et al. (2021).

Villa, Saramago e Garcia (2015) apresentaram a experiência no processo de avaliação do Programa MCMV, em Uberlândia, MG, sugerindo a aplicação de um modelo de matriz de descobertas que sintetiza resultados obtidos por questionário e simulações. Essa matriz auxiliou a definir recomendações para melhoria das habitações segundo aspectos de conforto, inserção no ambiente urbano, função e condição habitacional. O conforto visual foi um dos aspectos que exigiam atenção no aperfeiçoamento dos projetos.

Vianna e Roméro (2002), considerando um conjunto habitacional na periferia de São Paulo, verificaram as atividades exercidas e níveis de iluminância disponíveis (por simulação e medições) em compartimentos das UH. Os autores concluíram que os níveis preconizados pela norma, à época, a NBR5413 (ABNT, 1992), não atendiam algumas

atividades realizadas por moradores, como leitura, escrita e costura. Techio et al. (2021), passados quase vinte anos, também chegaram à mesma conclusão na avaliação de um conjunto habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida em Santa Maria, RS.

Em relação à amostra para fins de avaliação de conjuntos habitacionais multifamiliares, cita-se aqui os estudos de Tavares e Gualberto (1998), Romero e Ornstein (2003), Xue, Mak e Huang (2016), Wang, Wei e Ruan (2020) e Techio et al. (2021). Os autores basearam-se na posição das unidades em função do movimento do sol ao longo do dia e de sua posição quanto à altura do pavimento, de forma a abarcar as situações mais desfavoráveis. A seleção incluiu unidades do térreo e de pavimentos intermediários e superiores voltados para todas as fachadas.

Xue, Mak e Huang (2016), por meio de simulação com os programas Daysim e EnergyPlus e aplicação de questionários, buscaram avaliar o grau de satisfação dos usuários de habitações multifamiliares em relação à iluminação natural considerando seu controle visando a eficiência energética. O estudo foi aplicado em habitações multifamiliares em Hong Kong, em área densamente construída. Para DA, nível 300 lux, os autores encontraram o valor mínimo de aproximadamente 30% das horas anuais como aceitável pela população pesquisada.

Wang, Wei e Ruan (2020) avaliaram a iluminação natural usando o Radiance, em habitações multifamiliares em área densamente construída também em Hong Kong. O método baseou-se em simulação e aplicação de questionário para apurar a correlação existente entre a avaliação objetiva e a subjetiva. Os autores encontraram que 300 lux em 50% da área em 66% das horas anuais e uma iluminância média acima de 5.624 lux foram aceitáveis pelos moradores.

Techio et al. (2021) avaliaram, para Santa Maria, RS, a disponibilidade de iluminação natural em um conjunto habitacional multifamiliar. A metodologia usada baseou-se em critérios da NBR 15575 (ABNT, 2013), RTQ-R (BRASIL, 2012) e em métricas dinâmicas propostas por Nabil e Mardaljevic (2006) e Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), usando o programa APOLUX. Os resultados demonstraram que as unidades satisfaziam aos critérios da norma e regulamento, mas não ao critério de 120 lux, mais adequado considerando as múltiplas atividades que os usuários desempenhavam nos ambientes avaliados.

Com base no exposto, este artigo tem por objetivo avaliar a estimativa anual de luz natural (EALN) no Conjunto Habitacional Jardim Ipês (CHJI), financiado pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) do governo federal, por meio de duas abordagens: simulações dinâmicas e opinião dos usuários.

Método

O método adotado baseou-se em Techio (2018), que fez a avaliação da disponibilidade de iluminação natural também em conjuntos habitacionais usando simulação com o APOLUX IV e levantamento da opinião de usuários, como comentado, em Dogan e Park (2020), Villa, Saramago e Garcia (2015) e em Vianna e Roméro (2002), que estudaram a iluminação natural por meio de aplicação de questionários e simulações. As variáveis consideradas foram as métricas dinâmicas DA e UDI e critérios constantes na NBR 15.575 (ABNT, 2013) e RTQ-R (BRASIL, 2012). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM (CAAE 99872818.0.0000.5346).

Contexto do estudo

O CHJI, empreendimento do PMCMV, localiza-se na cidade de São Miguel do Oeste, SC. O clima de São Miguel do Oeste é classificado, conforme Köppen e Geiger (1936), como clima subtropical úmido (Cfa) (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2017; IBGE, 2017). A classificação C refere-se a clima temperado ou temperado quente, com climas mesotérmicos, temperatura do ar dos 3 meses mais frios compreendida entre -3°C e 18°C , temperatura média do mês mais quente maior que 10°C e estações de verão e inverno bem definidas. Há ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e inexistência de estação seca definida (KÖPPEN; GEIGER, 1936). Os meses com maior índice de pluviosidade são janeiro, fevereiro e setembro. Considerando a insolação, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentam média diária de 6,6 horas, e os meses de maio, junho e julho, 5 horas (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

O CHJI caracteriza-se por dois blocos de apartamentos e está construído em uma área sem construções no entorno imediato, permitindo uma análise quanto à orientação solar das unidades, já que o entorno não representa influência significativa para disponibilidade de iluminação natural. A Figura 1 apresenta uma imagem aérea com os principais elementos do entorno do CHJI e três fotografias obtidas a partir da Rua Irmão Miguel Fidelis (a), Rua Olinda Vidor (b), vista a partir do interior de uma UH na direção noroeste (c) e aspecto das aberturas das UH (d).

Figura 1 – Imagem aérea com referências do entorno do Conjunto Habitacional Jardim Ipês

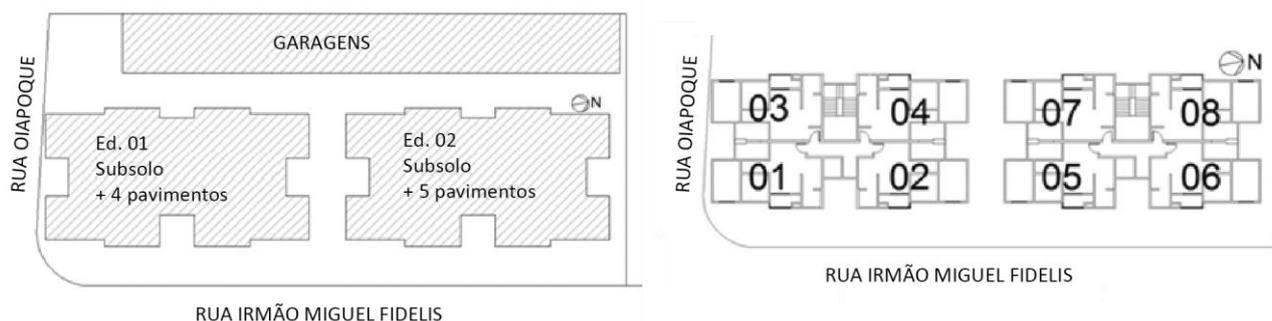


Fonte: imagem aérea de 2017 adaptada de Google Earth e registro fotográfico dos autores realizados em 2018.

Os blocos do CHJI possuem dezesseis (Edifício 1) e vinte unidades habitacionais (Edifício 2), conforme indicado na Figura 2. Cada um apresenta quatro unidades habitacionais (UH) por pavimento, com dois dormitórios, banheiro, sala de estar e jantar integradas e cozinha com lavanderia.

Os blocos foram posicionados segundo o eixo leste e oeste. Não há janelas de ambientes de longa permanência voltadas a sul ou a norte.

Figura 2 – Implantação dos dois blocos do Conjunto Habitacional Jardim Ipês e planta baixa dos blocos



Fonte: adaptado de Conak (2014).

Considerando o Código de Obras Municipal (SÃO MIGUEL DO OESTE, 2011), as aberturas para iluminação natural devem obedecer a afastamentos, conforme o número de pavimentos, e a áreas mínimas. No caso do CHJI, os afastamentos são 1,77 m, para o bloco de 4 pavimentos, e 2,03m, para o de 5 pavimentos. As UH possuem pé direito de 2,80 m. Para a área mínima das aberturas, os critérios são: 1/7 da área do piso para cômodos de permanência prolongada e 1/12, para os demais cômodos. As aberturas não possuem elementos de obscurecimento, como venezianas, persianas e similares.

Opinião dos usuários

Durante os meses de outubro e novembro de 2018, foram aplicados questionários junto a 34 respondentes com idade entre 18 e 65 anos, um em cada UH. Apenas dois apartamentos não fizeram parte da pesquisa, em virtude de estarem desocupados (térreo, posição 3, e 2º pav., posição 5).

Para coleta da opinião dos usuários, foram aplicados questionários com questões de múltipla escolha, questões com escala de valores de 1 a 5 e perguntas abertas. Foi dada a opção para que os moradores pudessem escolher entre responder o questionário de forma impressa, no momento da assinatura dos termos de consentimento livre e esclarecido e da observação técnica, ou de forma *online* via Google Formulários. Todos os moradores optaram em responder o questionário de forma *online*.

Foram levantados: gênero, idade, problema de visão, opinião a respeito da iluminação natural na UH (muito claro, claro, indiferente, escuro, muito escuro), se usa e o motivo do uso da iluminação artificial durante o dia, atividades realizadas durante o dia (na sala, no dormitório maior, no dormitório menor, na cozinha e lavanderia), em qual cômodo permanece a maior parte do tempo durante o dia, se há cortinas (onde e por que), se exerce atividade profissional (qual, em que cômodo e local e em qual turno).

Com o programa PAST (programa para análises estatísticas de uso livre), foi feita a análise de agrupamento hierárquico. Esse método permite o agrupamento das respostas por grau de similaridade. Foi gerado, pelo programa, um dendograma. Conforme Figueiredo Filho, Silva Júnior e Rocha (2012), esse tipo de tratamento de dados é mais apropriado para amostras pequenas, abaixo de 250, situação do CHJI.

Simulação da estimativa anual de luz natural - EALN

Para a obtenção da EALN, foi usado o programa APOLUX IV, programa de uso livre desenvolvido pela UFSC (<http://foton.arq.ufsc.br/>). Foram selecionadas duas UH de cada

orientação (leste e oeste) do térreo e do 4º pavimento, totalizando 16 UH (44,44% do total de UH do CHJI). Valor superior aos das pesquisas de Tavares e Gualberto (1998) e Roméro e Ornstein (2003), que simularam 24% e 19% das UH respectivamente. Simulou-se, para cada UH, os dois dormitórios e o ambiente integrado (formado pela sala, cozinha e lavanderia). O número de vértices de fracionamento variou entre 8.257 e 11.910, conforme a geometria dos cômodos. O plano da tarefa visual foi considerado a 75 cm do piso (ABNT, 2013, BRASIL, 2012). As propriedades óticas dos materiais adotadas na simulação estão indicadas na Tabela 1 e foram baseadas em observação direta e memorial descritivo do projeto.

Tabela 1 – Propriedades óticas dos materiais

Material	Propriedades	Perfil RGB			R*	A*	T*
		Vermelho	Verde	Azul			
Paredes e teto	Opaco Difuso	75	75	75	75	25	-
Piso	Opaco Difuso	65	65	65	65	35	-
vidros janela	Transmissor Especular	90	90	90	0	10	90
portas	Opaco Difuso	70	40	10	40	60	-
parede externa	Opaco Difuso	60	60	60	60	40	-
vigas varanda	Opaco Difuso	70	50	30	50	50	-
solo	Opaco Difuso	30	30	30	30	70	-
teto garagem	Opaco Difuso	70	70	70	70	30	-
policarbonato	Transmissor Difuso	80	80	80	30		50
vidros externo	Transmissor Especular	90	90	90	0	10	90

Fonte: os autores.

Para a abóboda celeste, o APOLUX IV possui resolução variável de 1 (menor resolução) a 8 (maior resolução). No estudo, adotou-se a resolução 5, considerada alta. Esta resolução corresponde a uma divisão em 23.450 parcelas. O cálculo foi realizado com 10 ciclos de radiação, considerando-se cada ciclo como uma sucessão de inter-reflexões entre todos os elementos do ambiente nas trocas de luz. Esta precisão é suficiente para o objetivo da pesquisa, de acordo com Cunha (2011). O arquivo climático usado para as simulações foi o SWERA obtido em LABEEE (<http://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>). O período de cálculo foi de 6h a 18 h, sendo que o próprio programa elimina horários com o Sol muito próximo ou abaixo do horizonte e dados climáticos inconsistentes. A refletância do solo foi considerada 30%. Os valores de referência para avaliação de DA e UDI foram:

- DA – níveis 60 lux (mínimo) e 120 lux (superior) (NBR 15575, ABNT, 2013); e
- UDI – intervalos 60 a 120 lux e 120 a 2.000 lux (valor máximo para evitar o ofuscamento).

Assumiu-se os critérios relativos à porcentagem da área mínima (PA) em que, em pelo menos 70% das horas simuladas (horas diurnas anuais), o nível de iluminância sobre o plano da tarefa visual atinja o mínimo estipulado (BRASIL, 2012). Ou seja, PAd1 e PAd2 correspondendo aos mínimos 60 lux (da1) e 120 lux (da2), respectivamente. As Tabelas 2 e 3 apresentam esses critérios.

Para UDI, foram usados os critérios constantes na Tabela 4 (TECHIO, 2018, NASCIMENTO, 2016), considerando a porcentagem das horas anuais em que a iluminância sobre o plano da tarefa visual mantém-se no intervalo estipulado.

A classificação foi considerada insuficiente quando houve mais de 30% das horas com níveis de iluminância abaixo de 60 lux, e considerada excedente, quando acima de 2.000 lux. Adicionalmente, verificou-se a influência em relação à posição das UH no pavimento e orientação.

Tabela 2 – Critérios para avaliação de DA, conforme NBR 15575 (ABNT, 2013) e RTQ-R (BRASIL, 2012)

Níveis de Iluminância	DA1 (%) de horas - mínimo 60 lux	PAda1 (%) de área - mínimo 60 lux 70% h/ano	DA 2 (%) de horas - mínimo 120 lux	PAda2 (%) de área - mínimo 120lux 70% h/ano
60 lux	DA1≥70%	PAda1≥70%	-	-
120 lux	-	-	DA2≥70%	PAda2≥70%

Fonte: adaptado de ABNT (2013) e BRASIL (2012).

Tabela 3 – Critérios para avaliação de DA, conforme RTQ-R (BRASIL, 2012)

ambiente	pré-requisito do RTQ-R - ≥ 60 lux		
	área (m²)	70% da área (m²)	70% horas diurnas anuais
UH 01, 02, 05 e 06. A = 57,80m² (Orientação Leste)	Dormitório 1	9,63	6,74
	Dormitório 2	6,55	4,58
	Ambiente Integrado	25,81	18,06
UH 03, 04, 07 e 08. A = 60,05m² (Orientação Oeste)	Dormitório 1	9,63	6,74
	Dormitório 2	6,55	4,58
	Ambiente Integrado	27,60	19,32

Fonte: adaptado de BRASIL (2012).

Tabela 4 – Critérios para avaliação de UDI

Ambiente	(PHudi1) Porcentagem de horas no intervalo 60lx – 2.000lx	(PHudi2) Porcentagem de horas no intervalo 120lux – 2.000lx	Classificação
	-	PHudi2 ≥ 80%	Superior
Ambientes Simulados	PHudi1 ≥ 80%	-	Intermediário
	70% ≤ PHudi1 < 80%	-	Mínimo
	PHudi1 < 70%	-	Insuficiente ou Excedente

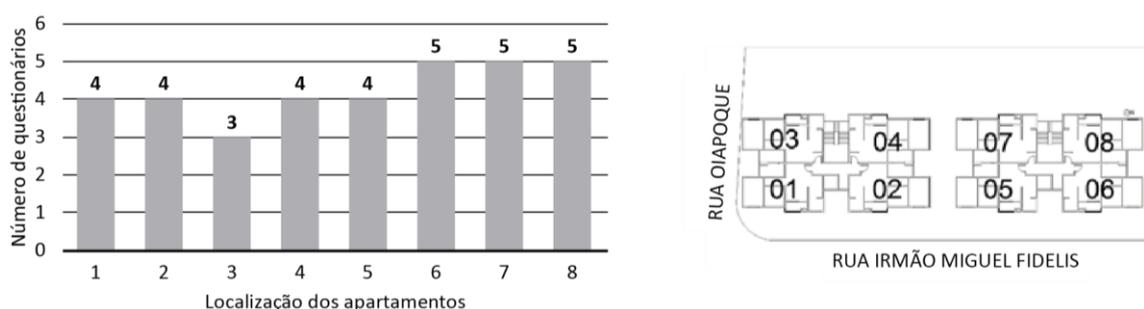
Fonte: adaptado de Techio (2018) e Nascimento (2016).

Resultados e discussão

Opinião dos usuários

A Figura 3 apresenta a quantidade de questionários realizados por orientação. Foram 17 respondentes em UH voltadas a leste e 17, a oeste. Em relação à idade, 91,2% dos respondentes pertencem à faixa etária de 20 a 39 anos. Este aspecto indica que a maioria dos respondentes, em princípio, possui ainda uma boa visão, já que são jovens. Além disso, 79,4% dos respondentes afirmaram não possuir problemas de visão, 2 respondentes manifestaram possuir catarata, e cinco manifestaram ter um dos seguintes problemas: maculopatia, deslocamento de retina, miopia, astigmatismo ou uso de óculos para leitura.

Figura 3 - Quantidade de questionários por localização da UH



Fonte: os autores.

Em relação à disponibilidade da iluminação natural, 26 (76,5%) classificaram a iluminação natural como clara, independentemente da posição no pavimento e do pavimento da UH, 3 (8,8%) classificaram-na como indiferente e 5 (14,7%), como muito clara. A indicação de clara é aqui considerada suficiente. A indicação de muito clara é considerada iluminação em excesso. As respostas escura e muito escura, que não foram selecionadas

pelos respondentes, são situações em que a iluminação natural é insuficiente. Conforme as respostas, a idade foi irrelevante na percepção da iluminação natural.

A Tabela 5 apresenta os resultados dos problemas de visão e sua relação com a opinião sobre a iluminação natural. É possível notar que a percepção da iluminação natural dos respondentes que disseram ter algum problema de visão foi igual a maioria das respostas daqueles que disseram não ter problema de visão, identificando a iluminação como clara.

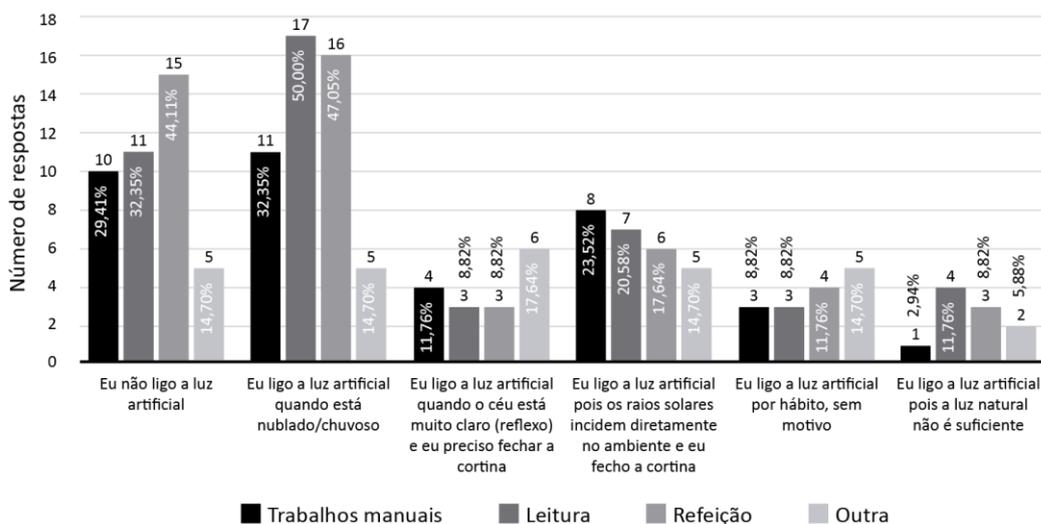
Tabela 5 – Opinião sobre a iluminação natural e sua relação com problemas de visão

Opinião	Problema de visão	Contagem / porcentagem
Claro (76,47%)	Astigmatismo	1 (2,94%)
	Catarata	2 (5,88%)
	Deslocamento de Retina	1 (2,94%)
	Maculopatia	1 (2,94%)
	Miopia e astigmatismo	1 (2,94%)
	Óculos leitura	1 (2,94%)
	Sem problema de visão	19 (55,88%)
Indiferente (8,825)	Sem problema de visão	3 (8,82%)
Muito Claro (14,70%)	Sem problema de visão	5 (14,70%)
Total Geral		34 (100%)

Fonte: os autores.

O cômodo em que os respondentes passam a maior parte do seu dia é a sala (73,5% das respostas). Quanto ao acionamento da iluminação artificial neste cômodo, conforme mostrado na Figura 4, o motivo mais recorrente é a condição do céu, encoberto. Na sequência, o não acionamento da iluminação artificial para exercer as atividades e, em seguida, a utilização da iluminação artificial quando as cortinas são fechadas para evitar a incidência direta de radiação solar nos ambientes, correspondem aos maiores números de respostas. A atividade com maior uso de iluminação artificial foi a leitura em dias com céu encoberto ou dias com chuva. As porcentagens de cada resposta foram obtidas a partir do número total de respostas, uma vez que o mesmo respondente tinha possibilidade de escolher mais de uma alternativa.

Figura 4 - Atividades realizadas na sala durante o dia e respectivas porcentagens

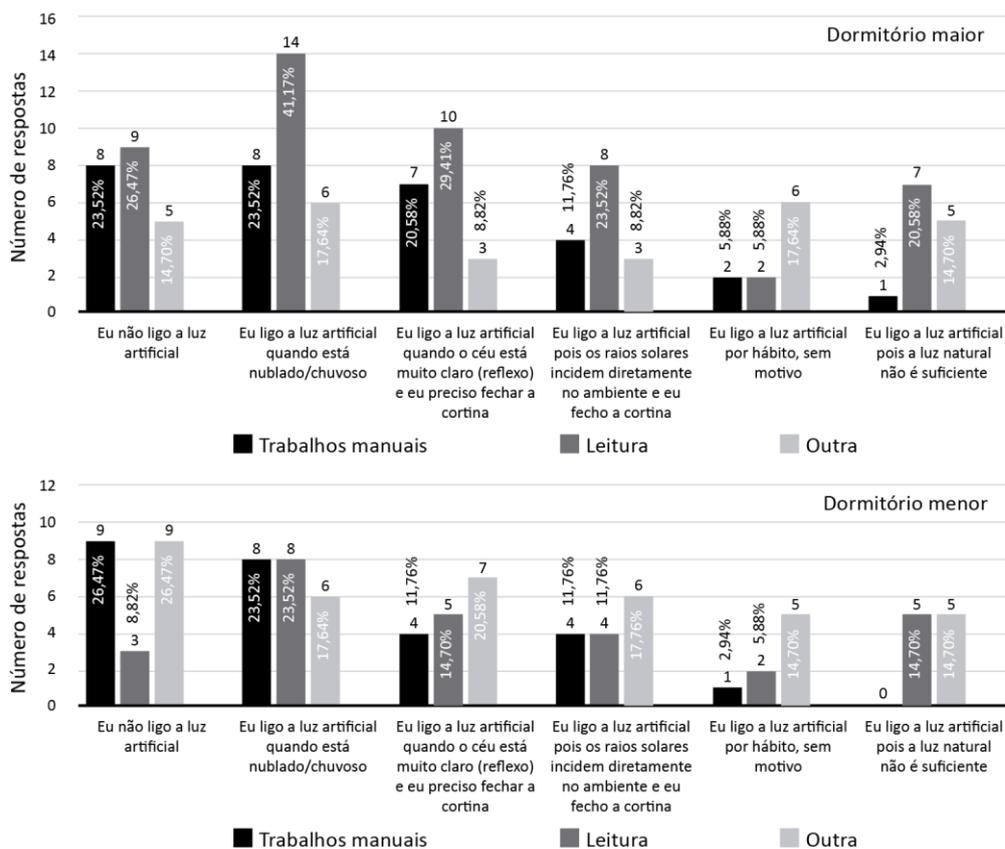


Fonte: os autores.

Atividades não listadas nas opções do questionário que foram apontadas pelos respondentes para a sala incluem desenho técnico, produção de vídeos, preparação de aulas, uso de *notebook*, atividades domésticas e pessoais e assistir televisão.

A Figura 5 apresenta os resultados para os dormitórios. Da mesma forma que para a sala, o principal motivo para acionar a iluminação artificial é quando o céu está encoberto ou há chuva. Também há a utilização da iluminação artificial quando há a necessidade de fechar cortinas em função da incidência da radiação solar direta nos ambientes, para atividade de leitura. Outras atividades realizadas nos dormitórios são: vestir-se, afazeres domésticos e pessoais, assistir televisão, uso de *notebook*, dormir e trabalhar.

Figura 5 - Atividades realizadas nos dormitórios durante o dia e respectivas porcentagens



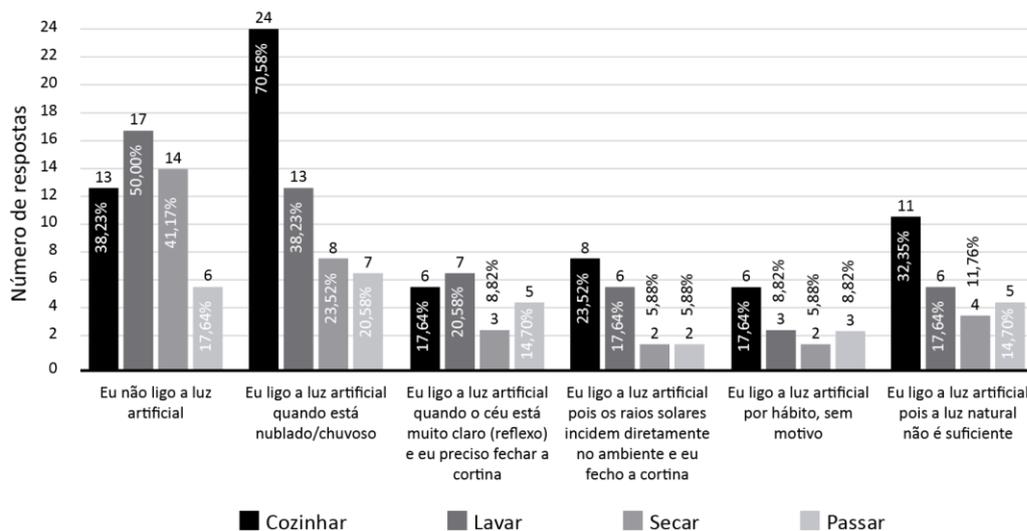
Fonte: os autores.

Na cozinha e lavanderia, resultados apresentados na Figura 6, a atividade predominante é cozinhar, seguida por lavar. Esses ambientes são integrados e recebem iluminação natural através da mesma janela. Neste cômodo, a resposta predominante foi o acionamento da iluminação artificial quando o céu está encoberto ou há chuva, para desenvolver a atividade de cozinhar (70,58% das respostas). Na opção outros, apenas um respondente informou que não passava o dia em casa e que utilizava o ambiente apenas à noite.

Na sala e nos dormitórios, predominou o uso de cortinas do tipo *blackout* e o motivo do seu uso foi principalmente a incidência de radiação solar direta nos cômodos (82,35% das respostas) e privacidade (76,47% das respostas para dormitórios e 73,52%, para sala). Neste caso, é importante prever, para as esquadrias, sistemas próprios de obscurecimento mais eficientes do que cortinas internas, tanto do ponto de vista do

controle da iluminação natural, quanto do controle do aquecimento excessivo desses ambientes (ganhos de calor por radiação solar direta).

Figura 6 - Atividades realizadas na cozinha e lavanderia durante o dia



Fonte: os autores.

A inexistência de elementos de obscurecimento em todas as janelas levou os usuários à instalação de cortinas tipo *blackouts*, o que impossibilita um adequado controle da entrada de iluminação natural, quando esta é excedente. Os respondentes relataram que usam a iluminação artificial principalmente quando o céu está nublado ou quando é necessário fechar as cortinas por conta do excesso de luz natural. Também apontaram várias atividades semelhantes a laborais que realizam em suas UH, indicando a importância de que normas e regulamentos considerem maiores níveis de iluminância para garantir conforto visual no desenvolvimento de tais atividades e promover a eficiência energética destas edificações. Isso também foi apurado por Vianna e Roméro (2002) e Techio et al. (2021), demonstrando a importância de considerar valores de referência compatíveis com essas necessidades. Xue, Mak e Cheung (2014) verificaram também que a execução de atividades similares às laborais em ambientes residenciais foram determinantes para o uso mais intenso da iluminação artificial, o que revela a importância da iluminação natural para reduzir o consumo energético nesse tipo de edificação.

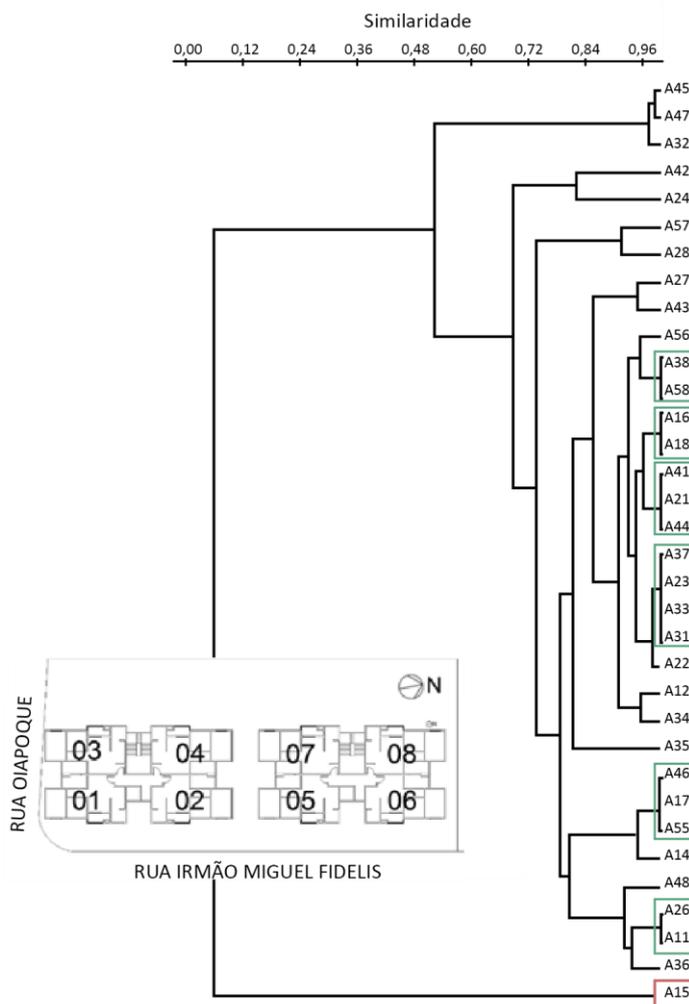
Quanto ao grau de similaridade das respostas, foi verificada a relação da percepção da iluminação natural com as variáveis pavimento e posição em planta, uso de cortinas (se possui ou não), ambiente de maior permanência e problema de visão (se possui ou não). As UH foram identificadas conforme o pavimento e a localização com um código composto por letra e número como, por exemplo, A45, apartamento no quarto pavimento, 4, na posição 5 em planta. A Figura 7 ilustra o dendograma gerado.

A escala gráfica de 0,00 a 1,00, na Figura 7, relaciona-se às porcentagens de 0% a 100% e, na coluna da direita, está a identificação das UH. As barras horizontais indicam quais amostras se relacionam e as barras verticais, qual o grau de similaridade (lido a partir da escala gráfica). As amostras com maior similaridade (100%) estão destacadas em verde. Em vermelho, a amostra com menor similaridade (6%).

Observa-se que, na posição 8 (oeste), 3º e 5º pavimentos, onde os respondentes possuem problema de visão, ambos classificaram a iluminação como clara, possuem

cortina tipo *blackout* em todas as janelas e permanecem a maior parte do dia na sala. Ou seja, o pavimento parece não ter interferido na percepção dos respondentes. Para o 1º pavimento, posição 6 (leste) e 8 (oeste), também houve similaridade de 100%, com a iluminação classificada como clara, respondentes sem problema de visão, com *blackout* em todas as janelas e permanecendo a maior parte de tempo, durante o dia, na sala. Aqui, a orientação parece não ter influenciado as respostas. Para as amostras A41 (4º pav. e posição 1, leste), A21 (2º pav. e posição 1, leste), A44 (4º pav. e posição 4, oeste), também houve 100% de similaridade, com o pavimento e orientação não influenciando as respostas. Todos apontaram a iluminação natural como clara, todas as UH possuem *blackout* em janelas e o ambiente de maior permanência é a sala.

Figura 7 - Dendograma com indicação da porcentagem de similaridade das respostas



Fonte: os autores.

O maior número de amostras que se mostrou 100% similar corresponde às UH do 3º pavimento com as posições 1 (A31, leste), 3 (A33, oeste) e 7 (A37, oeste) e do 2º pavimento com a posição 3 (A23, oeste). Todos os respondentes não possuem problema de visão, julgam a iluminação natural como clara, não possuem *blackout* somente na cozinha e permanecem a maior parte do tempo, durante o dia, na sala.

Ainda, dois grupos de UH formaram 100% de similaridade, porém sem nenhuma relação com a localização, o A46 do 4º pavimento localização 6, leste, o A17, 1º pavimento

localização 7, oeste, e o A55, do 5º pavimento localização 5, leste. Todos os respondentes não possuem problema de visão, classificaram a iluminação como clara, seus apartamentos não possuem *blackout* somente na cozinha e eles permanecem durante o dia a maior parte do tempo no dormitório maior. Do mesmo modo, o A26, 2º pavimento da localização 6, leste, e A11, 1º pavimento da localização 1, leste, foram similares, não possuem problema de visão, classificaram a iluminação como clara, possuem *blackout* em todos os ambientes e permanecem durante o dia a maior parte do tempo no dormitório maior.

Nota-se que a classificação da iluminação natural nas UH foi sempre clara, independentemente da posição e do pavimento, considerando as similaridades de condições entre os respondentes. Este resultado pode estar relacionado às condições do entorno, praticamente desobstruído, orientação leste e oeste das janelas (simetria da disponibilidade de luz natural ao longo do dia em relação às 12 horas, horário solar), que faz com que as UH recebam iluminação em igual quantidade, ora pela manhã (para as orientadas a leste), ora pela tarde (para as orientadas a oeste). Depreende-se que as obstruções promovidas pelo entorno são determinantes para a percepção dos usuários em relação à disponibilidade de iluminação, sobressaindo-se à orientação. Este resultado corrobora aqueles encontrado por Techio et al. (2021), para Santa Maria, RS, Wang, Wei e Ruan (2020) e Xue, Mak e Cheung (2016), para Hong Kong, que também avaliaram conjuntos residenciais multifamiliares, mas com obstruções, encontrando que estas foram determinantes para a opinião dos usuários em relação à qualidade da iluminação natural.

Simulações

As simulações para DA e UDI foram feitas para os cômodos dormitório maior e ambiente integrado do 1º e 4º pavimentos e considerando os critérios adotados no estudo (DA1, DA2, Tabela 2; PAd1 e PAd2, Tabela 3; e PHud1 e PHud2, Tabela 4). Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Para os critérios DA1 e PAd1 (mínimo 60 lux em pelo menos 70% das horas do ano e em, no mínimo, 70% da área do piso) e DA2 e PAd2 (mínimo 120 lux em pelo menos 70% das horas do ano e em, 70% da área do piso), todos os dormitórios simulados atenderam ao critério. O DA1 e o DA2 mínimos encontrados para os dormitórios foram 98,54% e 96,42% das horas, em 100% da área do piso, para a posição 3 do térreo, orientado a oeste. O DA1 e o DA2 máximos encontrados para os dormitórios foram 99,07% e 97,47%, em 100% da área do piso, para a posição 1, 4º pavimento, com orientação leste. Percebe-se que a diferença entre os valores menor e maior alcançados é muito pequena. Também Techio et al. (2021) e Wang, Wei e Ruan (2020), por simulação, concluíram que, para os pavimentos mais baixos, houve menor disponibilidade de iluminação natural, e entre UH num mesmo pavimento, mas com orientações diferentes, houve pouca variação na disponibilidade da iluminação. Esta diferença entre os resultados encontrado para o CHJI e aqueles encontrados por Techio et al. (2021) e Wang, Wei e Ruan (2020) reforçam que as obstruções externas são determinantes para a limitação da disponibilidade de iluminação natural nos interiores das edificações.

Considerando os ambientes integrados (sala, cozinha e lavanderia, que foram simulados juntos, uma vez que não possuem elementos que impeçam a distribuição de iluminação natural entre eles), as porcentagens alcançadas para os critérios considerados ficaram acima dos 89% para todos os cômodos, independentemente de sua posição em planta e de seu pavimento. O valor mínimo alcançado para DA1 e DA2 foi 95,26% e 89,49% respectivamente, para o ambiente integrado do térreo voltado a oeste, posição 4, e o

ambiente integrado do 4º pavimento, posição 8, a oeste. As porcentagens de área de piso ficaram acima de 93%, considerando o nível de 120 lux, e 99%, para 60 lux. Resultados superiores ao critério mínimo estipulado. Novamente aqui nota-se a pouca influência da posição e do pavimento das UH na disponibilidade de iluminação natural. Os resultados não apresentam diferenças significativas em relação ao pavimento, orientação e critério de avaliação.

Tabela 6 – Resultados de DA1 e DA2

Ambiente	UH	Pavimento	DA 1 (%) de horas com no mínimo 60 lux (DA1≥ 70%)	(%) de área com no mínimo 60 lux (PAa1≥70%)	DA 2 (%) de horas com no mínimo 120 lux (DA2≥ 70%)	(%) de área com no mínimo 120 lux (PAa2≥70%)
Dormitório leste	1	T	99,02	100	97,34	100
		4º	99,07	100	97,47	100
	2	T	99,02	100	97,31	100
		4º	99,07	100	97,45	100
	5	T	99,02	100	97,33	100
		4º	99,07	100	97,46	100
6	T	99,03	100	97,35	100	
	4º	99,07	100	97,45	100	
Dormitório oeste	3	T	98,54	100	96,42	100
		4º	98,61	100	96,62	100
	4	T	98,58	100	96,54	100
		4º	98,65	100	96,73	100
	7	T	98,59	100	96,58	100
		4º	98,64	100	96,71	100
8	T	98,62	100	96,63	100	
	4º	98,64	100	96,70	100	
Ambiente integrado leste	1	T	96,35	99,48	91,25	93,43
		4º	96,69	99,67	92,18	93,96
	2	T	96,44	99,52	91,48	93,55
		4º	96,82	99,93	92,43	94,16
	5	T	96,33	99,48	91,21	93,43
		4º	96,80	99,87	92,39	94,11
6	T	96,45	99,52	91,50	93,55	
	4º	96,74	99,74	92,29	93,96	
Ambiente integrado oeste	3	T	95,98	99,87	90,92	94,45
		4º	96,03	100	91,24	94,71
	4	T	95,33	99,56	89,49	94,55
		4º	95,40	99,58	89,81	94,55
	7	T	96,10	100	91,22	94,78
		4º	96,07	100	91,33	94,78
8	T	95,34	99,56	89,53	94,55	
	4º	95,26	99,56	89,50	94,49	

Fonte: os autores.

Estes níveis corroboram a percepção dos respondentes que apontaram suas unidades como claras em relação a iluminação natural. Outro aspecto positivo é que, considerando as diversas atividades que os moradores executam nesses ambientes, a iluminação seria suficiente para proporcionar conforto visual no que tange a quantidade de luz natural disponível.

Os resultados para PHud1 e PHud2, que se referem aos intervalos em que a iluminação natural se mantém nos intervalos 60lux a 120lux e 120 lux a 2.000 lux, são apresentados na Tabela 7. Observa-se que, considerando os critérios mínimos constantes na Tabela 5, nenhum dos dormitórios, independente da UH, os satisfizeram. Há porcentagens altas acima de 2.000 lux, para todas as orientações e pavimentos, o que pode causar ofuscamento. Como era esperado, as porcentagens para iluminância superiores a 2.000 lux são maiores no 4º pavimento do que no térreo. Os dormitórios e os ambientes integrados voltados a leste apresentam, na maioria, porcentagens mais altas no

intervalo de 60 lux a 2.000 lux. Techio et al. (2021), que também analisaram um CH do PMCMV, encontraram maiores diferenças entre as UH, devido às obstruções do entorno.

O RTQ-R (BRASIL, 2012) e a NBR 15575 (ABNT, 2013) não apresentam níveis máximos de iluminâncias, ao mesmo tempo que não consideram o uso de ambientes residenciais para diferentes tarefas que são ali exercidas. Os níveis acima de 2.000 lux encontrados em uma porcentagem considerável do tempo causam desconforto visual e indicam que normas e regulamentos deveriam prever não apenas mínimos, mas também máximos. Além disso, o excesso de iluminação pode ser controlado com o sistema de aberturas, aspecto que, no caso do CHJI, não foi contemplado no projeto, obrigando os moradores a instalarem cortinas *blackout* que não permitem o controle adequado da quantidade de iluminação que entra no ambiente. A revisão da NBR 15575 (ABNT, 2013), ainda em discussão, propõe não somente a avaliação por simulação baseada em arquivos climáticos, como também o uso da métrica DA. No entanto, a proposta, até a data da publicação deste artigo, não previa níveis máximos de iluminância, com base na métrica UDI.

Tabela 7 – Resultados de Phudi1 e Phudi2

Ambiente	UH	Pavimento	Porcentagem de horas abaixo dos 60 lux	(PHudi1) Porcentagem de horas no intervalo 60 – 120lux	(PHudi2) Porcentagem de horas no intervalo 120 – 2000lux	(PHudi1+PHudi2) mínimo: 70% ≤ PHudi1 < 80%	Porcentagem de horas acima de 2.000lx
dormitórios leste	1	T	0,97	1,68	67,25	68,93	30,09
		4ª	0,92	1,60	64,09	65,69	33,38
	2	T	0,97	1,70	67,29	68,99	30,02
		4ª	0,92	1,61	64,33	65,94	33,11
	5	T	0,97	1,69	67,46	69,15	29,86
		4ª	0,92	1,60	64,21	65,81	33,25
6	T	0,96	1,68	66,69	68,37	30,65	
	4ª	0,92	1,61	64,28	65,89	33,10	
ambiente integrado leste	1	T	3,64	5,09	76,27	81,36	14,98
		4ª	3,30	4,51	74,41	78,92	17,76
	2	T	3,55	4,96	73,83	78,79	17,65
		4ª	3,17	4,38	72,73	77,11	19,70
	5	T	3,66	5,11	76,34	81,45	14,87
		4ª	3,19	4,40	74,26	78,66	18,13
6	T	3,54	4,95	66,69	71,64	17,51	
	4ª	3,25	4,45	73,02	77,47	19,26	
dormitórios oeste	3	T	1,45	2,11	61,38	63,49	35,04
		4ª	1,38	1,98	59,13	61,11	37,49
	4	T	1,41	2,03	59,74	61,77	36,80
		4ª	1,34	1,91	57,67	59,58	39,05
	7	T	1,40	2,01	59,78	61,79	36,80
		4ª	1,35	1,93	58,20	60,13	38,50
8	T	1,37	1,98	58,73	60,71	37,89	
	4ª	1,35	1,93	58,00	59,93	38,70	
ambiente integrado oeste	3	T	4,01	5,06	68,62	73,68	22,29
		4ª	3,96	4,79	69,10	73,89	22,14
	4	T	4,66	5,84	67,96	73,80	21,53
		4ª	4,59	5,58	68,25	73,83	39,05
	7	T	3,89	4,88	68,14	73,02	23,07
		4ª	3,92	4,73	68,88	73,61	38,50
8	T	4,65	5,81	68,00	73,81	21,53	
	4ª	4,73	5,75	68,70	74,45	20,80	

Fonte: os autores.

Considerando a NBR 5413 (ABNT, 1992), substituída pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), para dormitórios, recomendava-se 100 lux a 200 lux, para iluminação geral, e, para localizada, 200 lux a 500 lux. Para salas de estar, níveis de iluminância geral de 100 lux a

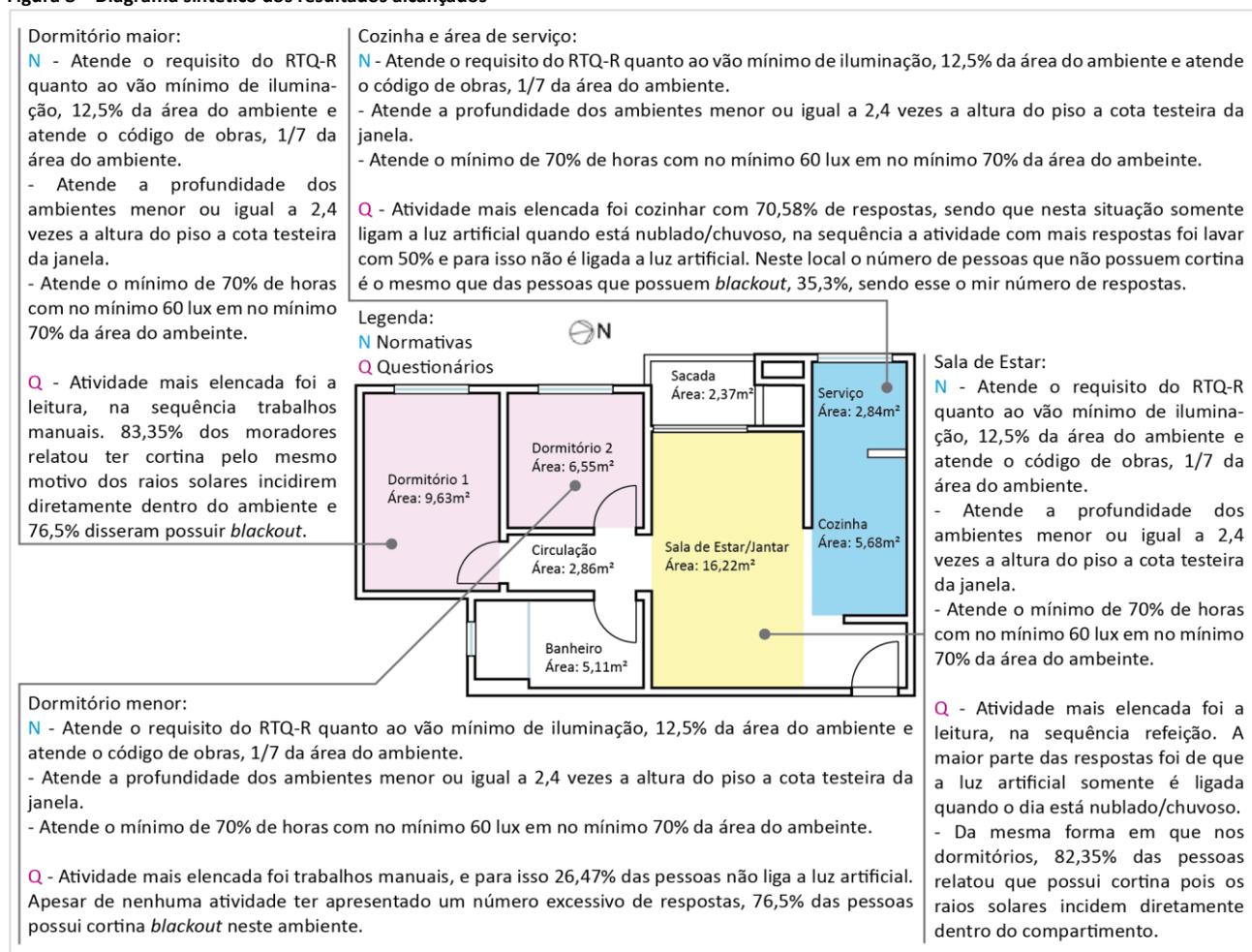
200 lux, enquanto que, para tarefas como leitura, o nível de iluminância indicado era de 300 lux a 750 lux. Já na cozinha, os níveis indicados eram de 200 lux a 500 lux. Neste caso, as UH satisfazem essas recomendações.

Já a atual NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) prevê iluminação mínima para atividades laborais similares a aquelas apontadas pelos respondentes. Para refeitórios, o mínimo previsto é 200 lux, o que poderia ser utilizado como atividade semelhante na cozinha ou jantar. A NBR ISO/CIE 8995-1 recomenda, para as atividades de lavagem ou passar roupas, 300 lux, o que poderia ser adotado na lavanderia. Para a atividade listada como leitura é possível relacionar com as atividades de escritório na qual são exigidos no mínimo 500 lux.

A Illuminating Engineering Society North America (IES), em sua norma IES LM-83-12 (IES, 2012), que recomenda níveis para a autonomia da luz natural especial para ambientes laborais, aponta valores de 300 lux como satisfatórios para a maioria das tarefas.

De forma a sintetizar os resultados obtidos por meio dos questionários e simulação, construiu-se um diagrama mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Diagrama sintético dos resultados alcançados



Fonte: os autores.

Conclusões

Realizou-se a avaliação da iluminação natural a partir da opinião dos usuários, com aplicação de questionários, e do cálculo da EALN, com o programa APOLUX, para o CHJI

do PMCMV para a cidade de São Miguel do Oeste, SC. Este estudo contribuiu para o melhor entendimento do comportamento e hábitos de usuários de UH em conjuntos habitacionais que interferem em critérios relacionados à disponibilidade de iluminação natural. Por meio da simulação, foi possível verificar que, para esse contexto específico, os critérios adotados baseados na NBR 15575 (ABNT, 2013), RTQ-R (BRASIL, 2012) foram satisfeitos, o que decorreu da inexistência de obstruções externas significativas. No entanto, houve excesso de iluminação (valores superiores a 2.000 lux), o que pode levar ao desconforto por ofuscamento. As simulações corroboraram a percepção dos usuários que apontaram a iluminação como clara e seus relatos sobre o uso de cortinas para controlar a iluminação natural excessiva. Nota-se a pouca diferença nos resultados alcançados em relação à simulação, assim como verificado por meio da opinião dos usuários, ao pavimento e posição da UH em relação a orientação cardinal.

Observa-se que os usuários do contexto analisado realizam várias tarefas laborais em casa, exigindo níveis maiores do que os preconizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013) e pelo RTQ-R (BRASIL, 2012). Além disso, os dois documentos não se referem a níveis máximos, o que pode acontecer quando as obstruções do entorno não são significativas. Nesse caso, é fundamental que as esquadrias contenham elementos que permitem o ajuste da luz natural que entra nos ambientes, de preferência de forma graduada, como brises móveis.

As conclusões corroboram outros estudos já realizados indicando:

- que as obstruções do entorno são determinantes para a satisfação dos usuários em relação à iluminação natural e para a sua disponibilidade;
- a importância de prever dispositivos de sombreamento mais eficazes nas janelas, em vez do uso de cortinas tipo *blackout*; e
- a necessidade de que normativas e regulamentos indiquem valores não apenas mínimos adequados às atividades desenvolvidas pelos usuários em suas UH, como também níveis máximos para evitar ofuscamento devido ao excesso de iluminação, o que também promoveria a eficiência energética.

Os resultados, embora relacionados a uma realidade específica, foram ao encontro de outros encontrados em contextos diferentes, como Santa Maria e Hong Kong. Sugere-se possibilidades de frentes de pesquisa como ampliação de estudos para outros climas e contextos sociais, um melhor entendimento da resposta dos usuários em relação ao ofuscamento, não apenas por excesso de iluminação, mas por outros meios como contraste, e a definição de métricas padronizadas que possam permitir a comparação de estudos sendo realizados por diferentes pesquisadores.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

ANDERSEN, M. Unweaving the human response in daylighting design. **Building and Environment**, v. 91, p. 101–117, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.03.014>

ROHR, F.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B.

A estimativa anual da luz natural em unidades habitacionais: o caso do conjunto habitacional Jardim Ipês do Programa MCMV

BELLIA, L.; PEDACE, A.; FRAGLIASSO, F. Indoor lighting quality: effects of different wall colours. **Lighting Research & Technology**, v. 49, n. 1, p. 33-48, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1477153515594654>

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (MDICE) – INMETRO. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. **RTQ-R**. Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, Brasília, Procel Edifica, 2012.

CABÚS, R. Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Maceió, 2005. **Anais [...]**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 240-249.

MARCONDES CAVALERI, M. P.; CUNHA, G. R. M.; GONÇALVES, J. C. S. Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p. 19-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v9i1.8650725>.

CLARO, A.; DÍAZ, L. A.; CUNHA, A. de V. L. da C.; RAMOS, G. Comparação dos níveis de iluminação obtidos através de simulações computacionais no software APOLUX, usando os 15 modelos de céu adotados pela CIE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., Canela, 2010. **Anais [...]**. Canela: ANTAC, 2010.

CLARO, A. **Método para determinação da Estimativa Anual de Luz Natural utilizando o Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade**. 2015. 165 p. Tese (Professor Titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. São Miguel do Oeste Clima (Brasil). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/sao-miguel-do-oeste-43599/>. Acesso em: 05 out. 2020.

CUNHA, A. de V. L. da. **Avaliação do programa Apolux segundo protocolos de modelos e céu do relatório técnico CIE 171:2006**. 2011. 146p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

CUNHA, A. de V. L. da C.; CLARO, A. Avaliação do programa segundo os protocolos 5.8, 5.9 e 5.11 do Relatório Técnico CIE 171:2006. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., Juiz de Fora, 2012. **Anais [...]**. Juiz de Fora: ANTAC, 2012. p. 599-607.

DANIALESKI, C.B.; OLIVEIRA, M.F.; MEDEIROS, D.R. Avaliação do desempenho da luz natural em ambientes residenciais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v.10, mar., p.1-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8652735>

DAY, J. Understanding controls, behaviours and satisfaction in the daylit perimeter office: a daylight design case study. **Journal of Interior Design**, v.37, n.1, p. 17-34, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1939-1668.2011.01068.x>

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da luz natural na economia de energia elétrica para iluminação artificial. **Revista Tecnológica**, Edição Especial ENTECA, Florianópolis, p.24-34, 2009. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8708>. Acesso em: 20 abr. 2021.

DOGAN, T.; PARK, T. C. Testing the residential daylight score: Comparing climate-based daylighting metrics for 2444 individual dwelling units in temperate climates. **Lighting res. Technol.**, v. 0, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/1477153520924838>

ELETOBRAS. **Dicas de economia de energia por setor de consumo**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7BEB1013AB-8149-4DF2-A6E9-5482337ED22F%7D>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FABI, V.; ANDERSEN, R.K.; CORGNATI, S. Accounting for the uncertainty related to building occupants with regards to visual comfort: a literature survey on drivers and models. **Buildings**, v. 6, n. 5, p.1-17, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings6010005>

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A.; ROCHA, E. C. Classificando regimes políticos utilizando análises de conglomerados. **Opinião Pública**, Campinas, vol. 18, n. 1, p. 109-128, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/op/v18n1/v18n1a06.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.

IBGE. **Cidades**. Rio de Janeiro, 2017. (v4.4.26). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/sao-miguel-do-oeste/panorama>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

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.

JAKUBIEC, A.; QUEK, G.; SRISAMRANRUNGRUANG, T. Towards subjectivity in annual climate-based daylight metrics. In: BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE, 4., Cambridge, UK. **Anais [...]** Cambridge: University of Cambridge; International Building Performance Simulation Association, p. 1-8. 2018,

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. [S.l.] 1936. Disponível em: https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica___o_Clim__tica_Koppen.pdf. Acesso em: 29 nov. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, [2013]. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 09 set. 2021.

LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. de; MATARANGAS, K. Análise da influência da orientação das aberturas na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno na extensão de sua profundidade. **Labor & Engenho**, Campinas, v.7, n.1, p.84-98, 2013. DOI: <https://doi.org/10.20396/llobore.v7i1.192>

LAY, M. C. D.; REIS, A. T. da L. Análise quantitativa na área de estudos ambiente-comportamento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 21-36, 2005. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3616/1998>. Acesso em: 20 abr. 2021.

LIM, G.; HIRNING, M.B.; KEUMALA, N.; GHAFAR, N.A. Daylight performance and user's visual appraisal for green building offices in Malaysia. **Energy and Buildings**, v.141, p.175-185, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.028>

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting metrics: is there a relation between Useful Daylight Illuminance and Daylight Glare Probability? In: BUILDING SIMULATION AND OPTIMIZATION CONFERENCE, 1., Loughborough, UK, 2012. **Anais [...]** Loughborough: IBPSA England, 2012. p. 189-196.

MARDALJEVIC, J.; HESCHONG, L.; LEE, E. Daylight metrics and energy savings. **Lighting Res. Technol.**, v. 41, p.261-283, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1177/1477153509339703>

MATOS, J. C. da S. F.; SCARAZZATO, P. S. A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 8, n.4, p.249-256, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v8i4.8650250>

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminance: a replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v.38, n.7, p. 905-913, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>

NASCIMENTO, T. C. C. **Avaliação da NBR 15575 quanto ao desempenho térmico e luminoso**: estudo de caso em Maceió-AL. 2016. 182 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

ROHR, F.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B.

A estimativa anual da luz natural em unidades habitacionais: o caso do conjunto habitacional Jardim Ipês do Programa MCMV

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Avaliação do Simulador Computacional APOLUX através do emprego de mapeamento digital de luminâncias. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Búzios, 2011. **Anais [...]**. Búzios, RJ.: ANTAC, 2011, p. 1-10.

PILOTTO NETO, E. **Cor e iluminação nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia, 1980.

REINHART, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **LEUKOS**, v.3, n.1, p.7-31, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2006.03.01.001>

REINHART, C. F.; WIENOLD, J. The daylighting dashboard – a simulation-based design analysis for daylit spaces. **Building and Environment**, v. 46, n.2, p. 386-396, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.08.001>

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D. de; QUEIROZ, M. **Observando a Qualidade do Lugar**: procedimentos para avaliação pós-ocupação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coleção PROARQ, 2009. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/21034221/livro-observando-a-qualidade-do-lugar---procedimentos-para-avaliacao-pos-ocupacao>. Acesso em: 20 abr. 2020.

ROMERO, M. A; ORNSTEIN, S. **Avaliação Pós-Ocupação**: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social. Coleção Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Disponível em: http://www.habitare.org.br/publicacao_colecao1.aspx. Acesso em: 18 abr. 2020.

SÃO MIGUEL DO OESTE. Prefeitura Municipal. **Dados estatísticos**. São Miguel do Oeste, 2017. Disponível em: <http://www.saomiguel.sc.gov.br/municipio/3/dados-estatisticos>. Acesso em: 27 nov. 2019.

SÃO MIGUEL DO OESTE. Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 4/2011**. São Miguel do Oeste, 2011. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-sao-miguel-do-oeste-sc>. Acesso em: 27 nov. 2019.

TAVARES, J. C. F.; GUALBERTO FILHO, A. Análise do desempenho lumínico de habitações populares: caso Santa Cruz-PB. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NITERÓI, 3., Niterói, 1998. **Anais [...]**. Niterói, RJ: ENEGEP, 1998, p. 1790-1799.

TECHIO, L. M. **Avaliação da Iluminação Natural de Habitação Multifamiliar de Interesse Social**: Conjunto Residencial Videiras. Santa Maria, RS. 2018. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

TECHIO, L. M.; ZAMBONATO, B.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A. Iluminação natural em habitação multifamiliar: o caso do Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, p. e021007, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v12i00.8659780>

VIANNA, N. S.; ROMÉRO, M. de A. Procedimentos metodológicos para Avaliação Pós-Ocupação em Conjuntos Habitacionais de Baixa Renda com Ênfase no Conforto Ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.2, n.3, p. 71-84, jul./set. 2002. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3427/1844>. Acesso em: 20 abr. 2021.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. de C. P.; GARCIA, L. C. **Avaliação Pós-Ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida** – Uma experiência metodológica. 1ª edição. Uberlândia: UFU/PROEX, 2015. Disponível em: https://morahabitacao.files.wordpress.com/2015/07/ipea_livro_internet1.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

WANG, J.; WEI, M.; RUAN, X. Characterization of the acceptable daylight quality in typical residential buildings in Hong Kong. **Building and Environment**, v.182, p. 107094, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107094>

XUE, P.; MAK, C. M.; CHEUNG, C. Post-occupancy evaluation of sunshades and balconies' effects on luminous comfort through a questionnaire survey. **Building Services Engineering Research and Technology**, v.37, n.1, p.51-65, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0143624415596472>

ROHR, F.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B.

A estimativa anual da luz natural em unidades habitacionais: o caso do conjunto habitacional Jardim Ipês do Programa MCMV

XUE, P.; MAK, C. M.; CHEUNG, C. The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings: a questionnaire survey. **Building and Environment**, v.81, p. 51-59, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.06.011>

XUE, P.; MAK, C. M.; HUANG, Y. Quantification of luminous comfort with dynamic daylight metrics in residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 117, p.99-108, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.02.026>

¹ Franciele Rohr

Arquiteta e Urbanista. Mestre em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Arquiteta e Urbanista junto a Prefeitura Municipal de Itapiranga -SC. Endereço postal: Praça das Bandeiras, n. 200, Centro, Itapiranga, SC, Brasil, CEP 89896-000

² Giane de Campos Grigoletti

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Professora Associada na Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Endereço postal: Avenida Roraima, n. 1000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP 97105-900

³ Anderson Claro

Arquiteto Urbanista. Doutor em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Professor Titular na Universidade Federal de Santa Catarina. Endereço Postal: Rod. SC401 José Carlos Daux, n. 7.050, Florianópolis, SC, Brasil, CEP 88050-000

⁴ Bruna Zambonato

Arquiteta e Urbanista. Mestranda em Arquitetura e Urbanismo no Programa de Pós-graduação em Arquitetura Urbanismo e Paisagismo da Universidade Federal de Santa Maria. Endereço postal: Avenida Roraima, n. 1000, Santa Maria, RS, Brasil, CEP 97105-900