

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS A. C. SIMÕES
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

JOÃO VITTOR LIMA

**A DISPONIBILIDADE DE LUZ NA RESIDÊNCIA: ANÁLISE DO DESEMPENHO
DE LUZ NATURAL E A INFLUÊNCIA DO LAYOUT DE INTERIORES EM
HABITAÇÕES DO PMCMV**

Maceió

2022

JOÃO VITTOR LIMA

**A DISPONIBILIDADE DE LUZ NA RESIDÊNCIA: ANÁLISE DO DESEMPENHO
DE LUZ NATURAL E A INFLUÊNCIA DO LAYOUT DE INTERIORES EM
HABITAÇÕES DO PMCMV**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús.

Maceió

2022

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

L732d Lima, João Vittor.
A disponibilidade de luz na residência : análise do desempenho de luz natural e a influência do *layout* de interiores em habitações do PMCMV / João Vittor Lima. - 2022.
56 f. : il. color.

Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 53-56.

1. Luz natural. 2. Habitação popular. 3. Simulação por computador. 4. Mobiliário - *Layout*. I. Título

CDU: 72.011.5

JOÃO VITTOR LIMA

A DISPONIBILIDADE DE LUZ NA RESIDÊNCIA: ANÁLISE DO DESEMPENHO DE LUZ NATURAL E A INFLUÊNCIA DO LAYOUT DE INTERIORES EM HABITAÇÕES DO PMCMV

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 22 de dezembro de 2022.

Documento assinado digitalmente
 RICARDO CARVALHO CABUS
Data: 22/12/2022 23:17:33-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Orientador - Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús. UFAL)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 FERNANDO ANTONIO DE MELO SA CAVALCANTI
Data: 20/01/2023 09:25:02-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Examinador Interno - Prof. Dr. Fernando Antônio de Melo Sá Cavalcanti, UFAL)

Documento assinado digitalmente
 JULIANA OLIVEIRA BATISTA
Data: 26/12/2022 13:30:37-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Examinadora Interna - Profa. Dra. Juliana Oliveira Batista, UFAL)

Documento assinado digitalmente
 LIVIA DE OLIVEIRA MARTINS
Data: 27/12/2022 14:17:02-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Examinadora Externa - Dra. Lívia de Oliveira Martins, UFAL)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da graduação com perseverança.

À minha família, por todo o apoio e amor depositado em mim, sem ela nada disso seria possível de se realizar.

À minha namorada, por todo o apoio dado e incentivo para a conclusão de mais uma etapa em minha vida.

Aos meus amigos, que me acompanharam durante o curso.

A todos os professores, que de alguma forma contribuíram para a minha formação ao longo desses anos.

À banca examinadora, pela disponibilidade e orientações que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Ricardo Cabús, meu orientador, por seu tempo para me instruir neste trabalho.

Aos colegas do GRILU, grupo de pesquisa do qual participei, e em especial à Natasha, por todo o auxílio prestado.

RESUMO

O programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), assim como outras políticas voltadas às habitações de interesse social no Brasil, não apresentam soluções adequadas quanto ao conforto lumínico no interior das residências, tampouco expressam a relevância de um layout de mobiliário que favoreça uma distribuição adequada de iluminação natural para os ambientes. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a influência do mobiliário no desempenho da iluminação natural em unidades habitacionais do Condomínio Residencial Jardim Tropical, em Maceió. Foi realizada avaliação do desempenho luminoso da unidade habitacional com a inserção do mobiliário no ambiente da sala de estar/jantar. Além disso, foram comparados os resultados dos modelos com variações de móvel e material. Utilizou-se o software TropLux 8 como ferramenta para simulação computacional e adotadas as métricas Variação da Iluminância Média Anual (ΔEMA), Variação da Uniformidade Média Anual (ΔUMA) e Probabilidade Simplificada de Ofuscamento por Luz natural (POLNs/DGPs). É considerado o plano de trabalho da sala de estar/jantar; o período corresponde ao intervalo das 7h30 às 16h30 para todos os dias do ano; e as orientações e sul-sudeste e nor-noroeste, conforme implantação adotada no local. Os resultados indicam que a inserção de mobiliário, se comparada ao ambiente sem anteparos, não provoca alterações significativas no nível e distribuição da iluminância, sendo o fator que mais interfere a materialidade na móvel. Constata-se também, a partir das análises realizadas, que em situações nas quais o indivíduo se encontra em planos de trabalho frontais a janelas/portas com entrada de luz natural, a probabilidade de ofuscamento é maior, se comparadas à utilização do usuário em posição perpendicular à entrada de luz. Tais resultados formam uma base de conhecimentos relevantes à proposição de parâmetros que contribuam para a garantia de um bom desempenho de iluminação natural em projetos futuros de ambientação em habitações do PMCMV.

Palavras-chave: luz natural; habitação de interesse social; simulação computacional; layout de mobiliário.

ABSTRACT

The Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) program, as well as other policies aimed at social housing in Brazil, do not present adequate solutions regarding the luminous comfort inside the residences, nor do they express the relevance of a furniture layout that favors an adequate distribution of daylighting for the environments. Thus, the objective of this work is to evaluate the influence of furniture on the performance of natural lighting in housing units of the Residential Condominium Jardim Tropical, in Maceió. An evaluation of the luminous performance of the housing unit was carried out with the insertion of furniture in the living/dining room environment. In addition, the results of the models with variations in furniture and material were compared. The TropLux 8 software was used as a tool for computational simulation and the metrics Mean Annual Illuminance Variation (Δ EMA), Mean Annual Uniformity Variation (Δ UMA) and Simplified Probability of Daylight Glare (POLNs/DGPs) were adopted. It is considered the work plan of the living/dining room; the period corresponds to the interval from 7:30 am to 4:30 pm for all days of the year; and the orientations and south-southeast and north-northwest, according to the implementation adopted in the place. The results indicate that the insertion of furniture, compared to the environment without bulkheads, does not cause significant changes in the level and distribution of illuminance, being the factor that most interferes with the materiality in the furniture. Based on the analyzes carried out, it was also verified that in situations in which the individual is in work planes facing windows/doors with natural light, the probability of glare is greater, compared to the use of the user in a position perpendicular to the incoming light. Such results form a knowledge base relevant to the proposition of parameters that contribute to the guarantee of a good performance of daylighting in future projects of ambiance in housing of social interest.

Keywords: daylighting; housing of social interest; computer simulation; furniture layout.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração com comportamento da luz natural.	22
Figura 2 - Fluxograma geral da metodologia.	24
Figura 3 – Perspectiva da unidade residencial padrão.	26
Figura 4 - Planta baixa com proposta da construtora.	27
Figura 5 - Tipologia da janela presente na unidade habitacional.	30
Figura 6 - Recorte das residências analisadas e posição do ambiente da sala de estar/jantar.	31
Figura 7 - Disposição dos pontos em malha no ambiente de simulação.	32
Figura 8 - Variação dos materiais da mobília com refletâncias difusas distintas.	33
Figura 9 - Sofá posicionado paralela e perpendicularmente à janela, respectivamente.	34
Figura 10 - Mesa posicionada paralela e perpendicularmente à janela, respectivamente.	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos sem mobília.	37
Gráfico 2 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.	38
Gráfico 3 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária.	38
Gráfico 4 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.	38
Gráfico 5 - Ema nos quatro ambientes simulados.	38
Gráfico 6 - Δ Ema nos quatro ambientes simulados.	39
Gráfico 7 - Δ Uma nos quatro ambientes simulados.	39
Gráfico 8 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.	40
Gráfico 9 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária. ...	40
Gráfico 10 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.	40
Gráfico 11 - Uma nos quatro ambientes simulados.	40
Gráfico 12 - Δ Uma nos quatro ambientes simulados.	41
Gráfico 13 - Δ Ema e médias anuais durante os períodos diurnos sem mobília.	42
Gráfico 14 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.	42
Gráfico 15 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária. ...	42
Gráfico 16 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.	42
Gráfico 17 - Ema nos quatro ambientes simulados.	43
Gráfico 18 - Δ Ema nos quatro ambientes simulados.	43
Gráfico 19 - Δ Uma nos quatro ambientes simulados.	44
Gráfico 20 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.	44
Gráfico 21 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária. .	44
Gráfico 22 - Δ Uma e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.	44
Gráfico 23 - Uma nos quatro ambientes simulados.	45
Gráfico 24 - Δ Uma nos quatro ambientes simulados.	45
Gráfico 25 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A.	46
Gráfico 26 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B.	46
Gráfico 27 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C.	47
Gráfico 28 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D.	47
Gráfico 29 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E.	47
Gráfico 30 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F.	47
Gráfico 31 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A'.	48

Gráfico 32 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B'	48
Gráfico 33 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C'	48
Gráfico 34 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D'	48
Gráfico 35 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E'	48
Gráfico 36 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F'	48
Gráfico 37 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A''	49
Gráfico 38 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B''	49
Gráfico 39 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C''	49
Gráfico 40 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D''	49
Gráfico 41 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E''	49
Gráfico 42 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F''	49
Gráfico 43 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A'''	50
Gráfico 44 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B'''	50
Gráfico 45 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C''' . ..	50
Gráfico 46 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D''' . ..	50
Gráfico 47 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E'''	50
Gráfico 48 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F'''	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de cômodos com mobília e atividades desenvolvidas.	27
Tabela 2 - Índice de probabilidade de ofuscamento de luz natural.	29
Tabela 3 - Parâmetros comuns às simulações de EMA e UMA.	33
Tabela 4 - Parâmetros específicos para simulação de POLNs/DPGs.	35
Tabela 5 - Variações avaliadas a partir das métricas processadas.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEF	Caixa Econômica Federal
DGP	Daylight Glare Probability
EMA	Iluminância Média Anual
HIS	Habitação de interesse social
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
NBR	Norma brasileira
NNO	Orientação nor-noroeste
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
POLNs	Probabilidade simplificada de ofuscamento por luz natural simplificada
SSE	Orientação sul-sudeste
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UMA	Uniformidade Média Anual
RD	Refletância difusa

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	JUSTIFICATIVA	15
2.	OBJETIVOS	16
2.1.	OBJETIVO GERAL	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1.	ASPECTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS RELACIONADOS ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL	18
3.3.	LEGISLAÇÃO, NORMAS, REGULAMENTOS E RECOMENDAÇÕES SOBRE ILUMINAÇÃO NATURAL	20
3.4.	VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO DA LUZ NATURAL DAS EDIFICAÇÕES	21
3.5.	CRITÉRIOS E MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO E CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO ESPAÇO CONSTRUÍDO	22
4.	METODOLOGIA	24
4.1.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
4.2.	DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.2.1.	Descrição da unidade habitacional padrão	26
4.2.2.	Descrição do ambiente recortado para o estudo	27
4.3.	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	28
4.3.1.	Software: TropLux	28
4.3.2.	Definição dos Indicadores de Desempenho para Avaliação da Iluminação Natural	28
4.3.2.1.	Iluminância média anual (E _{ma})	29
4.3.2.3.	Probabilidade Simplificada de Ofuscamento por Luz natural (POLNs/DGPs)	29
4.3.3.	Parâmetros para a simulação no TropLux	30
4.3.3.1.	Caracterização dos parâmetros comuns ao processamento de EMA E UMA	32
4.3.3.2.	Caracterização dos parâmetros comuns ao processamento de POLNs/DGPs	33
4.4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
5.	RESULTADO E ANÁLISE	36
5.1.	ILUMINÂNCIA MÉDIA ANUAL E UNIFORMIDADE MÉDIA ANUAL	37
5.1.1.	Orientação sul-sudeste	37
5.1.1.1.	Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente sem mobiliário	37
5.1.1.2.	Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente com mobiliário	38
5.1.1.3.	Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma})	38
5.1.1.4.	Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente sem mobiliário	39
5.1.1.5.	Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente com mobiliário	40
5.1.1.6.	Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma})	40
5.1.2.	Orientação nor-noroeste	41
5.1.2.1.	Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente sem mobiliário	41
5.1.2.2.	Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente com mobiliário	42
5.1.2.3.	Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (ΔE_{ma})	42
5.1.2.4.	Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente sem mobiliário	43
5.1.2.5.	Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente com mobiliário	44

5.1.2.6. Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma})	44
5.2. PROBABILIDADE SIMPLIFICADA DE OFUSCAMENTO POR LUZ NATURAL (POLNS/DGPS)	45
5.2.1. Orientação sul-sudeste	45
5.2.1.1. Simulação com porta e janela abertas.....	46
5.2.1.2. Simulação apenas com a janela aberta	47
5.2.2. Orientação nor-noroeste	48
5.2.2.1. Simulação com porta e janela abertas.....	48
5.2.2.2. Simulação apenas com janela aberta	49
5.3. AVALIAÇÃO GLOBAL	50
5.3.1. Parâmetros para garantia de um melhor desempenho de iluminação natural em projetos futuros de ambientação em habitações do PMCMV	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
6.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

As políticas voltadas para as habitações de interesse social, como é o caso do programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), lançado em 2009, têm como objetivo principal melhorar o acesso à moradia para famílias nas classes C, D e E, e, com isso, reduzir o déficit habitacional brasileiro. O PMCMV cresce a partir de sua instauração, tornando-se umas das principais ações da política habitacional do país, o que possibilita realizar uma análise mais crítica acerca do Programa, com questões em que é possível apontar diversos problemas, tais como: a baixa qualidade arquitetônica, a falta de articulação com a Política Urbana e, em especial, o privilégio concedido ao setor privado como agente promotor da política habitacional (CARDOSO, ARAGÃO, 2013; FERREIRA, 2012; ROLNIK, 2015). Olhando para a produção do PMCMV percebe-se que o grande número de projetos e unidades habitacionais responde unicamente às estatísticas de redução do déficit habitacional, ao passo que a única condição que é assegurada inicialmente aos moradores é a residência.

Conforme informações do Ministério do Desenvolvimento Regional, o programa Minha Casa, Minha Vida é a maior iniciativa de acesso à casa própria já criado no Brasil. O Estatuto da cidade traz, por meio de lei N° 13.669, condições mínimas à dignidade nas habitações de interesse social (HIS) em seu inciso XIX:

Garantia de condições condignas de acessibilidade, utilização e conforto nas dependências internas das edificações urbanas, inclusive nas destinadas à moradia e ao serviço dos trabalhadores domésticos, observados requisitos mínimos de dimensionamento, ventilação, iluminação, ergonomia, privacidade e qualidade dos materiais empregados. (Estatuto da cidade, 2018, Art. 2. § 19°).

Com o crescimento das construções voltadas para as HIS e a padronização adotada em projetos habitacionais, há uma maior preocupação com as soluções projetuais utilizadas, principalmente em relação à baixa qualidade arquitetônica dos materiais construtivos que Cardoso e Aragão (2013) elencam como ponto problemático do programa Minha Casa, Minha Vida.

A configuração interna das residências e as aberturas dessas edificações afetam diretamente o desempenho de luz natural dos ambientes internos das habitações, de modo que nossa visão precisa de condições específicas quanto à distribuição de luz no ambiente para executar determinadas atividades. Além disso, vale ressaltar que o bom desempenho luminoso

não é garantido apenas pelo uso das aberturas para o meio externo, visto que é necessária uma distribuição uniforme, que contribui para evitar o estresse visual devido a adaptações oculares frequentes entre áreas com grande contraste (CARMODY et al., 2004). Logo, é importante salientar que a distribuição interna do mobiliário, além de ergonômica, deve garantir uma distribuição uniforme de luz e ausência de contrastes excessivos em planos de trabalho ou reflexos indesejáveis.

As funções laborais, produtivas, de descanso e estética são condicionantes de projetos de ambientação relevantes à concepção do espaço interno, no entanto, características como as dimensões, cores e texturas dos mobiliários não são considerados quando os aspectos qualitativos do espaço necessitam de uma boa distribuição de iluminação natural para atividades usuais em ambientes como sala de estar e cozinha, por exemplo. Em projetos de interiores, a funcionalidade é tida como pilar projetual, mas vale esclarecer que o espaço deve garantir uma sensação visual agradável, tornando seu uso confortável em todas as áreas projetuais.

Apesar de haver normas como a NBR 15215 (ABNT, 2005) que trata do procedimento de cálculo para a determinação da quantidade de luz natural incidente em um ponto interno num plano horizontal, através de aberturas na edificação, essa questão ainda é pouco tratada no Plano de Maceió (MACEIÓ, 2005) de tal modo que deveriam ser levadas em consideração outras condicionantes que também podem influenciar na distribuição de luz natural na habitação; o código de obras da cidade (MACEIO, 2007) demonstra certo cuidado apenas quanto à dimensão das aberturas com relação à área de piso dos ambientes internos.

Em consequência disso, mediante pontos apresentados, é possível refletir: Como a configuração de mobiliário dentro de habitações do PMCMV pode interferir na disponibilidade de luz natural, e qual interferência do posicionamento na distribuição interna da iluminação natural?

1.1. JUSTIFICATIVA

O uso adequado de luz natural diz respeito à eficiência energética, ao conforto visual e a práticas sustentáveis. Os efeitos dos níveis de iluminação em ambientes residenciais não são estudados com tanta veemência por arquitetos, tampouco quando o tema aborda a avaliação

de desempenho luminoso em habitações de interesse social e o impacto no conforto visual. Dessa forma, é importante avaliar o desempenho da iluminação natural das HIS que estão sendo construídas, bem como a ocupação pós uso através do layout dos ambientes e o impacto do mobiliário nos planos de trabalho dos usuários. Além disso, a investigação se faz necessária para buscar entender o real impacto que as políticas habitacionais vêm causando no conforto visual dos residentes, sobretudo no que diz respeito à ausência de projeto de interiores, e pelas construções reproduzidas em escala.

O conforto visual sofre interferência de diversos fatores relacionados à luz. As influências ambientais e suas consequências nas manifestações psicológicas, embora sejam constantes na vida de todos, não são evidentes e, na maioria das vezes, afetam inconscientemente, a conduta e o desempenho diário dos indivíduos (BLOWER; AZEVEDO, 2008). Quando uma iluminação é inadequada, ela pode causar desconfortos como cansaço visual, dores de cabeça e ofuscamento (HENDGES, 2016). Além disso, a luz refletida interna dependerá não somente de fatores de reflexão das paredes, mas também da forma do ambiente (LYNES, 1968).

Por isso, cabe aos profissionais de arquitetura e engenharia entender a importância que a iluminação tem no dia-a-dia do ser humano, e desenvolver projetos que trarão o maior conforto visual possível aos usuários, independentemente de se tratarem de edificações para população de baixa renda ou não. Em observância a essas informações, o estudo poderá contribuir para que o conforto visual em HIS seja uma preocupação de projeto tão relevante quanto qualquer outro elemento construtivo que o compõe. Possibilita delinear proposições projetuais, revelando decisões de projeto que podem influenciar na iluminação interna, no conforto dos usuários e na redução do consumo de energia. Tais critérios podem servir de exemplo a ser seguido por empresas da indústria civil, bem como profissionais da área nas soluções de projetos de interiores capazes de garantir conforto visual aos residentes em suas atividades diárias.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é avaliar a influência da configuração do mobiliário no desempenho da iluminação natural em habitações do PMCMV.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a influência do posicionamento do mobiliário no desempenho de luz natural;
- Analisar a influência das características ópticas superficiais dos materiais do mobiliário no desempenho de luz natural;
- Propor parâmetros que contribuam para um bom desempenho de iluminação natural em projetos futuros de ambientação em habitações do PMCMV.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema deste trabalho, abordando um breve histórico das políticas nacionais relacionadas ao setor habitacional, enfatizando os marcos regulatórios até o PMCMV; aspectos referentes aos benefícios do uso da luz natural nas edificações; legislação e normas pertinentes; variáveis que influenciam a luz natural no espaço construído; como a luz é avaliada; e o panorama geral acerca do mobiliário em habitações de interesse social.

A partir disso, são apresentados aspectos relevantes às políticas habitacionais e sua importância para o desenvolvimento de uma sociedade justa, priorizando a minimização de desigualdades sociais presentes no país. Também são apresentados estudos que avaliam o PMCMV em relação ao conforto ambiental e à iluminação natural.

Após a abordagem sobre aspectos sociais e econômicos relacionados às habitações de interesse social, são expostos aspectos importantes da luz natural nas edificações e como este uso pode proporcionar qualidade ao ambiente, conforto e saúde aos usuários, além da eficiência energética, de acordo com os autores Vianna, Gonçalves e Moura (2011), Butera (2009) e Boubekri e Boyer (1992).

Com a justificativa de amparo na legislação, apresenta-se o histórico sobre a legislação de eficiência energética no Brasil e as normas, regulamentos e recomendações sobre iluminação natural no contexto nacional. Nessa etapa, foram consultados principalmente normas e regulamentos brasileiros e o levantamento realizado por Fernandes (2009).

Além dos pontos citados, são apresentadas as variáveis que influenciam o comportamento da luz natural no interior das edificações. Os autores principais para essa etapa foram Vianna e Gonçalves (2001), que tratam acerca das interferências sofridas por a luz natural até adentrar nos ambientes.

Sobre os critérios e métodos abordados, são apresentadas características sobre avaliação e cálculo da iluminação natural no espaço construído, com detalhamento em simulação computacional e no software de simulação TropLux 8 (CABÚS, 2005). Os principais autores consultados foram Moeck (1998), Cabús e Didoné (2009), Garrocho (2009), em virtude dos trabalhos já realizados por eles e sua relevância para a construção do referencial teórico.

Finalmente, são abordados aspectos sobre o layout de mobiliário em habitações de interesse social e quais implicações a ausência de um estudo prévio pode causar no usuário final. Para o levantamento das informações necessárias, foram escolhidos Folz (2002), Oeschler (2010) e Kerkhoff (2017).

3.1. ASPECTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS RELACIONADOS ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

As ações governamentais no setor habitacional vêm crescendo desde os anos 2000, nesse contexto é possível destacar a inclusão da moradia como direito social na Constituição Brasileira através de Emenda Constitucional em fevereiro de 2000, como também a promulgação do Estatuto das Cidades em 2003 e o lançamento do PMCMV em 2009. Segundo dados de 2018 do Governo Federal, as unidades habitacionais (UH) já representavam 70% do mercado imobiliário brasileiro, todavia dados demonstravam que à época entre 2009 e 2015, o déficit habitacional havia aumentado em 5,9%. O problema da demanda habitacional traz consigo outra questão: a qualidade das habitações que estão sendo entregues. Conforme dados do Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União, 56,4% das UH das faixas 2 e 3 do PMCMV apresentam algum tipo de falha (VAZ, 2017).

As construções resultantes do PMCMV possuem, em sua maioria, características padronizadas, que não conseguem contemplar plenamente as necessidades de cada perfil familiar (VILLA et al., 2015, 2016). Isso faz com que os projetos de arquitetura tenham que adequar-se às diferentes situações de acordo com as características de cada localidade dentro do país, de forma a evitar condições críticas relacionadas ao conforto visual (TAVARES, 2007).

3.2. ASPECTOS DA LUZ NATURAL NAS EDIFICAÇÕES

A vida no interior das edificações deu um enorme salto de qualidade com a invenção do vidro nas janelas. Sem ele a casa teria permanecido uma “toca para refugiar-se, fria e escura ou clareada de modo artificial” (BUTERA, 2009).

As janelas com vidro permitiram iluminar o ambiente interno, mantendo contato visual com o exterior e garantindo proteção às intempéries e aquecimento dos ambientes através da radiação solar. Em clima temperado, janelas envidraçadas voltadas para a orientação de maior incidência solar permitiram o aquecimento do ambiente, enquanto que em climas quente e úmido nas aberturas protegidas por longos beirais não se utilizava vidro, já que a iluminação e ventilação eram garantidas pela ampla abertura. Dessa forma, as particularidades de cada edificação devem dialogar com as condições climáticas locais.

Com o tempo, a iluminação das edificações passou a ser encarada em grande parte como um requisito unicamente funcional, sendo utilizada prioritariamente a iluminação artificial, com a justificativa do ponto de vista da produção da atividade. Em outros casos a idealização estética do projeto acaba por utilizar a iluminação artificial de forma irrestrita e excessiva. Vianna e Gonçalves (2001) também trazem um aspecto bastante visto na arquitetura, em que os edifícios são admirados por sua “beleza”, mas encobrem por trás dessa falsa estética uma pseudofuncionalidade”.

O fato estranho é que se trata do único caso de involução tecnológica de todo milênio passado. Já a involução, porque (a edificação) voltou a ter uma única função, a de invólucro, de proteção de chuva, piorando ao mesmo tempo, com perda de todas as conexões que tinha com o ambiente físico, as outras funções que historicamente tinha conquistado (BUTERA, 2009.p.173).

Logo, sistemas de iluminação artificial passaram a ter maior relevância que a iluminação natural, quando essa seria capaz de atender às necessidades funcionais dos

indivíduos durante o dia. Nesse sentido, a iluminação natural nos ambientes internos volta a ser um ponto importante de análise, ainda na fase projetual.

Quando se trata de qualidade da visão, o nível ótimo de iluminação é aquele que proporciona aos usuários a melhor visão e um reconhecimento fácil da mensagem visual sem causar cansaço visual (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011). Os autores relatam que os níveis de iluminação apresentam dois fatores limitantes, sendo eles o econômico, dado que os níveis de iluminação natural podem contribuir com o aumento do consumo de energia para iluminação artificial e o aspecto qualitativo da luz, em que níveis excessivos de iluminância ou contrastes no campo visual podem levar a dificuldades ou até mesmo ao impedimento da visualização do objeto, devido à ocorrência de problemas relacionados ao ofuscamento. A NBR 8995-1 (ABNT, 2013) trata o ofuscamento como uma sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão e, segundo Boubekri e Boyer (1992), é possível classificá-lo em três níveis, sendo eles o desabilitador – Disability glare, o velado – Veiling glare e o desconfortável – Discomfort Glare.

3.3. LEGISLAÇÃO, NORMAS, REGULAMENTOS E RECOMENDAÇÕES SOBRE ILUMINAÇÃO NATURAL

Fernandes (2009) realizou uma pesquisa acerca dos Códigos de Obras Brasileiros e verificou que as exigências para iluminação natural são relativas às áreas de aberturas mínimas em função da área de piso de cada ambiente. Não obstante, não há estudos mais profundos que justifiquem tais áreas adotadas.

É possível destacar também que nas regras presentes nos códigos não há indicação de área máxima envidraçada, podendo levar à interpretação de que quanto mais aberturas e painéis de vidro em um edifício, mais iluminado ou ventilado ele será, podendo induzir a construções com muita carga térmica e excesso de luz, vindo a provocar desconforto e maior gasto de energia (FERNANDES, 2009). Ademais, é importante também citar que elementos de proteção não são devidamente considerados em grande parte dos códigos de edificações brasileiros, nem as características internas dos ambientes que podem interferir na propagação de iluminação natural.

No contexto nacional, o Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.257 (BRASIL, 2001) trouxe um impacto positivo para o planejamento urbano, vindo a contribuir posteriormente para o Plano Diretor Municipal, tornando-se obrigatório para municípios acima de 20.000 habitantes.

Em análise do Plano Diretor de Maceió, observa-se que a iluminação é tratada de forma generalizada, sem direcionamento ou especificação de nenhum instrumento de controle urbano referente à luz natural como o fator de céu visível.

Há, apesar disso, normativas que têm o objetivo de auxiliar os projetistas a tomarem decisões durante a concepção do projeto arquitetônico quanto à iluminação natural, entre elas a NBR 15.575 – Norma de Desempenho (ABNT, 2013), e a NBR 15.215 (ABNT, 2005), que apresentam diversos conceitos e cálculos referentes à luz natural.

3.4. VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO DA LUZ NATURAL DAS EDIFICAÇÕES

A luz natural, proveniente do sol, ao atravessar a atmosfera em parte atravessa em forma de feixes de luz direta (luz direta) e outra parte é difundida pela poeira, vapor de água e outros elementos em suspensão no ar (luz difusa) (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Dessa forma, a disponibilidade de luz em determinado local varia de acordo com a posição solar e as condições de céu (claro, encoberto, poluído, etc.). Além disso, o entorno da edificação a qual o ambiente está inserido, provocará mais ou menos reflexões da luz que chegará ao ambiente, de acordo com o grau de obstrução visual das aberturas (permitindo mais visão de céu ou não, assim como as características das superfícies desse entorno (cor e textura) (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

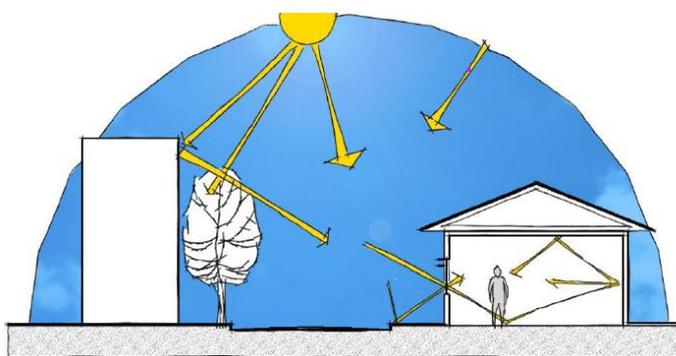
Para que se chegue ao ambiente interno, a luz ainda sofrerá influência de possíveis proteções solares existentes na edificação e outros elementos utilizados para controle solar, bem como do próprio entorno urbano. A partir dessas características, a luz direta pode ser barrada e permitir apenas a entrada de luz difusa com mais ou menos intensidade, conforme for as superfícies dos elementos de proteção.

Finalmente, a luz para penetrar no ambiente, atravessa as aberturas que podem variar de posição (aberturas laterais ou zenitais), orientação, dimensão, formato e podem permitir a entrada da luz por um vão aberto ou por elementos translúcidos ou transparentes, como

vidros. Estes por sua vez, contém características específicas como transmitância e sofrem efeito do tempo, acumulando sujeira que aumenta a opacidade.

Após adentrar o ambiente, a luz distribuir-se-á de acordo com características deste ambiente, como sua profundidade, cores e texturas das superfícies, bem como objetos existentes que também influenciarão na propagação da luz. A partir da figura 1, é possível observar as principais variáveis que influenciam no comportamento da luz natural para a iluminação do ambiente interno.

Figura 1 - Ilustração com comportamento da luz natural.



Fonte: SAMPAIO, Milena (2011).

3.5. CRITÉRIOS E MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO E CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO ESPAÇO CONSTRUÍDO

Diversas pesquisas são realizadas para buscar maneiras de melhor compreender a luz natural em ambientes internos e avaliar os níveis de qualidade dessa iluminação. Garrocho (2009) afirma que os critérios quantitativos correspondem principalmente aos níveis de luminância e iluminância no plano de trabalho. Já Moeck (1998) subdivide os aspectos quantitativos em iluminância vertical e horizontal, iluminância média no plano de trabalho, dentre outros; quanto aos aspectos qualitativos, o autor descreve que os critérios estão relacionados principalmente à forma que ocorre a distribuição da luz natural, dentre eles estão a distribuição da luz natural, uniformidade e ofuscamento.

Para a avaliação da luz natural em um ambiente é necessário contar com as variáveis da localidade em que a edificação se encontra. Assim, é fundamental realizar a análise de modelos, sejam em escala reduzida ou dimensões reais, para se avaliar a iluminação diante das condições naturais de um determinado local. Cabús (2005) afirma que o uso da simulação computacional em pesquisas no ambiente construído, em particular na área de iluminação

natural, disseminou-se rapidamente nas últimas décadas. E justifica que isto ocorreu devido ao avanço na tecnologia dos computadores – cada vez mais rápidos e com recursos de computação gráfica – que tornou possível a existência de programas baseados em metodologias avançadas. O autor afirma ainda que hoje a “simulação computacional é opção rápida e eficiente para pesquisas em iluminação natural” (CABÚS, 2005. p.240).

Boyce (2003) indica que o desconforto visual é um conceito muito relativo, uma vez que depende do tipo de ambiente, das experiências e desejos individuais. Entretanto, lista vários aspectos que podem causá-lo: nível de iluminação insuficiente ou excessivo, distribuição luminosa inadequada e contraste excessivo, além disso, os índices associados ao ofuscamento determinam o grau de desconforto visual causado por fontes de luz ou contrastes excessivos em um campo visual específico.

3.6. MOBILIÁRIO NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Folz (2002) relata que as peças de mobiliário existentes no mercado acabam comprometendo a realização de atividades pelo usuário no ambiente, dado que essas não se adequam às dimensões mínimas necessárias, e complementa que o mercado não demonstra preocupação com o mobiliário das HIS em relação ao dimensionamento mínimo para a realidade desses espaços, por ser um elemento de baixo custo. Diante do exposto, entende-se que a evolução de mobiliários no mercado não acompanha a construção civil na área de interesse popular, dado que na fase projetual, a representação gráfica de layout em planta baixa é marcada por blocos que não levam em consideração as dimensões do ambiente, mostrando-se incompatíveis em algumas vezes com o projeto.

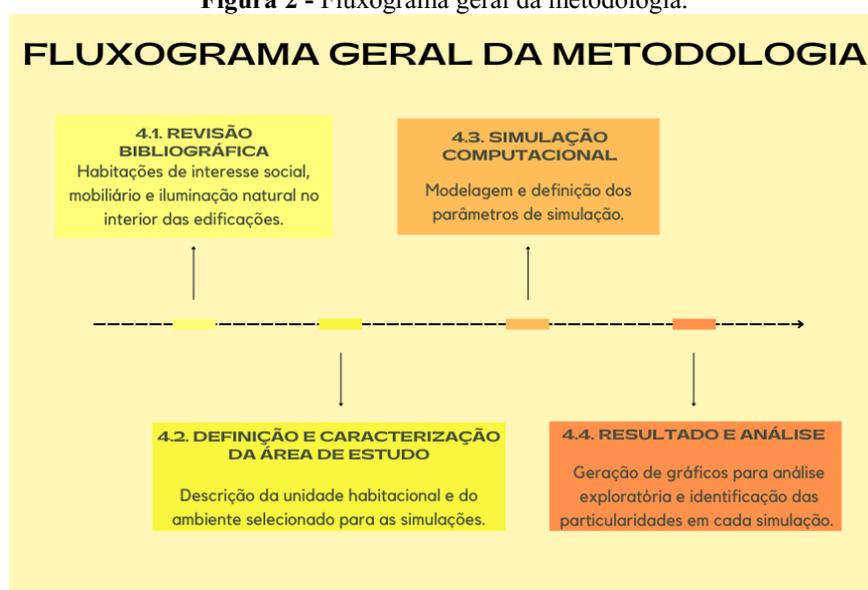
Oeschler (2010) ressalta que o homem está buscando constantemente interação com o espaço em que está inserido, de tal modo que busca sempre adequar sua habitação aos seus interesses. Não obstante, o autor expõe que muitas vezes as condições financeiras do usuário frustram suas reais necessidades e impedem que a interação almejada se concretize. Tais condições refletem na forma como a mobília é adquirida, sendo a aquisição de móveis em lojas com preços populares uma das mais comuns; diante disso, esses mobiliários adquiridos muitas vezes tem seu baixo custo refletido na durabilidade e no material utilizados, vindo a prejudicar as atividades diárias do usuário.

Além disso, ao se projetar um espaço com dimensões reduzidas, é imprescindível prever como o residente fará uso de cada cômodo, quais mobiliários estarão presentes, como será a abertura de cada um deles, além das medidas entre eles para permitir um fluxo adequado entre os cômodos. Assim, conforme Kerkhoff (2017), o mobiliário deve se moldar às demandas do usuário na residência, adotando o uso, a satisfação e a percepção do residente como fatores essenciais para se avaliar o mobiliário na habitação.

4. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos do trabalho foram realizadas as seguintes etapas: revisão bibliográfica, definição e caracterização da área estudada, levantamentos dos dados necessários e posterior simulação computacional, discussão e proposta de possíveis soluções.

Figura 2 - Fluxograma geral da metodologia.



Fonte: Autoral (2022).

4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi necessária uma revisão bibliográfica relativa a temas com ênfase em iluminação natural direcionada à habitação de interesse social, como também de temas que tratam sobre o mobiliário e comportamento da luz no interior de edificações. Esta etapa contribuiu na primeira parte do trabalho para entender métricas e as características do contexto para a área de estudo escolhida na residência. A revisão bibliográfica também contribuiu para as análises do trabalho.

4.2. DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo de caso, foi selecionado o Condomínio Residencial Jardim Tropical em virtude de sua localização na cidade de Maceió e por se enquadrar no Programa Habitacional, devido também à disponibilidade dos arquivos de projeto presentes no site oficial da construtora responsável por a instalação; além disso, o formato do ambiente da unidade habitacional padrão permitiu que a modelagem no programa TropLux fosse facilitada. O condomínio está localizado no Bairro Cidade Universitária, em Maceió – AL, e foi construído entre 2008 e 2010 através do PMCMV. O Conjunto possui uma área equivalente a 100.000 m² (cem mil metros quadrados) e é composto por 600 (seiscentas) unidades habitacionais (CONTRATO ENGENHARIA, 2011). O empreendimento faz parte dos projetos destinados às famílias pertencentes à Faixa 2 do PMCMV, com renda entre três e seis salários mínimos; o projeto é uma iniciativa privada, financiado pela Caixa Econômica Federal (CEF).

A escolha da área de estudo dentro da unidade habitacional padrão se deu a partir da importância e frequência de uso dos ambientes durante o dia, levando em consideração a execução de tarefas visuais como leitura, atividades de lazer como assistir e ler, cocção e preparo de alimentos.

A partir da definição da área de estudo, foi feita uma caracterização através das normas existentes, visto que em políticas voltadas para habitações de interesse social, os condicionantes ligados à legislação não são respeitados como deveriam.

4.2.1. Descrição da unidade habitacional padrão

O projeto padrão da unidade habitacional, conforme figura 3 do conjunto implantado na cidade de Maceió – AL (Latitude 9°54’S, Longitude 35°76’O), caracterizada pelo clima tropical e úmido (IBGE, 2012), possui área total de 49,37 m² e pé-direito de 2,70 m, os terrenos onde ficam localizadas as unidades possuem 7,00 m de frente por 18,00 m de fundo, totalizando uma área de 126 m², com exceção dos lotes em esquinas, que podem variar de acordo com o projeto urbanístico aprovado pela Prefeitura Municipal de Maceió. Relevante ao estudo, também é necessário mencionar o muro construído nos limites do lote com altura igual a 1,00 m (CONTRATO ENGENHARIA, 2012). Os elementos de proteção solar presentes no projeto original são o beiral e a varanda.

Figura 3 – Perspectiva da unidade residencial padrão.



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

O empreendimento traz como materiais de acabamentos internos o piso cerâmico, paredes com pintura PVA sobre massa corrida ou gesso corrido, teto com gesso em placa e rodapé com madeira de lei ou cerâmica. Para as esquadrias foram adotadas janelas em alumínio anodizado natural, portão externo em metalon pintado com esmalte sintético, portas em madeira maciça com pintura também em verniz ou esmalte sintético e paredes externas rebocadas com pintura em textura. O telhado é cerâmico e o sistema estrutural é em alvenaria de vedação.

4.2.2. Descrição do ambiente recortado para o estudo

Para o estudo de caso, será utilizada a sala de estar e jantar da residência e seu plano de trabalho. A sala de estar/jantar tem plano de trabalho equivalente à altura da mesa de refeições de 0,75 m, o ambiente tem as seguintes dimensões: 3,20 m por 4,00 m; a janela possui peitoril e altura padrão de 1,10 m e 1,00 m com largura de 1,00 m e já a porta possui altura de 2,10 m por 0,80 m de largura. O espaço foi selecionado em virtude da usabilidade diária dos residentes e da necessidade de boa luminosidade para a realização das tarefas. A análise dos ambientes será feita de maneira compartilhada, ao passo que há flexibilidade de uso através da integração do espaço, como mostra a figura 4.

Figura 4 - Planta baixa com proposta da construtora.



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

Seguindo orientações do Anexo F da NBR-15575-1, e por ter dimensões reduzidas, serão adotadas as atividades para cada cômodo, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Relação de cômodos com mobília e atividades desenvolvidas.

Cômodo	Atividades realizadas	Móveis e equipamentos
Sala de jantar	Estar, estudar, ler, escrever, costurar, reparar e guardar objetos diversos	Mesa mais 4 cadeiras

Sala de estar	Alimentar/tomar refeições	Sofá de 2 ou três lugares, estante/armário para TV e escrivaninha mais cadeira
---------------	---------------------------	--

Fonte: Autorial (2022).

4.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Depois da caracterização da área e conseqüentemente da obtenção das informações necessárias referentes a dimensionamentos, orientações e legislação, foi desenvolvido o modelo tridimensional para simulação computacional no programa TropLux 8 (CABÚS, 2019). Com as informações obtidas através das simulações, tornou-se possível realizar uma análise sob o ponto de vista do desempenho lumínico da área.

4.3.1. Software: TropLux

Segundo Cabús (2005a), o TropLux é um programa que se propõe a simular o desempenho da iluminação natural, com particular atenção para as características climáticas e arquitetônicas das regiões tropicais. Cabús (2005b) relata que o TropLux possui validação feita através da comparação com três abordagens diferentes: métodos simplificados, uso de programa já conhecido e através de dados reais. Além disso, o autor ressalta sobre a validação do software, em que foi realizada a viabilidade do método através do teste computadorizado com tempo gasto para uma situação padrão, reforçando que programa se mostra como uma ferramenta competente para pesquisas em iluminação natural.

4.3.2. Definição dos Indicadores de Desempenho para Avaliação da Iluminação Natural

Os métodos para análise do desempenho da luz dentro do ambiente foram baseados na avaliação de aspectos relacionados à disponibilidade, distribuição e nível de iluminância. Os indicadores utilizados no estudo foram a Iluminância média anual (Ema), a Uniformidade média anual (Uma) e a Probabilidade Simplificada de Ofuscamento por Luz natural (POLNs/DGPs).

4.3.2.1. Iluminância média anual (Ema)

A iluminância média da malha de pontos localizada no ambiente foi utilizada para o período de um ano (Ema), e também foi considerada a sua variação (ΔEma). Este indicador é útil por representar o ganho real em porcentagem na iluminância média no plano de trabalho proporcionado por cada tipo analisado e facilitar a comparação entre os grupos analisados.

4.3.2.2. Uniformidade média anual (Uma)

Para o estudo da Uniformidade foi analisada a distribuição de iluminâncias na malha de pontos do ambiente, para o período de um ano (Uma). No estudo realizado foram calculados os índices de uniformidade para cada situação, considerando como objetivo principal a avaliação comparativa entre as soluções definidas previamente, através de três valores distintos para as refletâncias difusas dos materiais.

4.3.2.3. Probabilidade Simplificada de Ofuscamento por Luz natural (POLNs/DGPs)

O índice de probabilidade de ofuscamento da luz natural (Daylight Glare Probability - DGP) é um método de predição da ocorrência de desconforto visual que adota como parâmetro a iluminância do plano vertical no campo de visão do observador (WIENOLD; CHRISTOFFERSON, 2006; WIENOLD, 2010). A escala de classificação determina que em valores abaixo de 35% o ofuscamento é imperceptível, sendo perceptível com valores entre 35% e abaixo de 40%, já entre 40% e abaixo de 45% o nível de ofuscamento torna-se desconfortante e intolerável a partir de 45%, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 2 - Índice de probabilidade de ofuscamento de luz natural.

Probabilidade de ofuscamento por luz natural	Faixa de ofuscamento
$DGP < 35\%$	Ofuscamento Imperceptível
$35\% \leq DGP < 40\%$	Ofuscamento Perceptível
$40\% \leq DGP < 45\%$	Ofuscamento Desconfortável
$DGP \geq 45\%$	Ofuscamento Intolerável

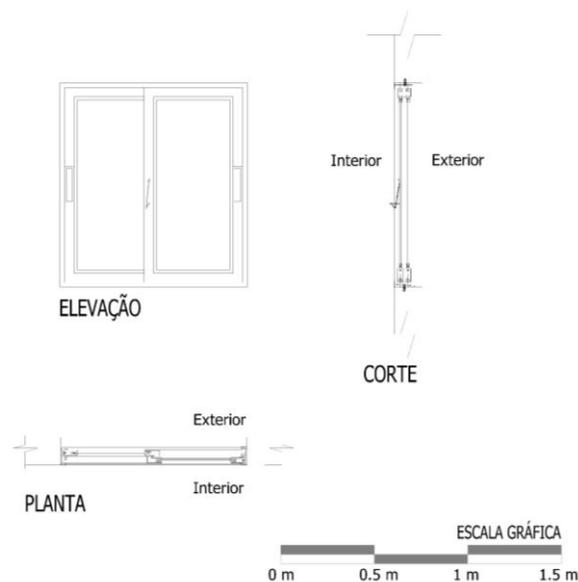
Fonte: WIENOLD; CHRISTOFFERSON (2006), adaptado.

A fim de simular o efeito causado por superfícies reflexivas quanto à probabilidade de ofuscamento, foi utilizado o plano vertical à altura do olho do observador sentado. Após isso realizou-se uma análise comparativa com o objetivo de avaliar quais as posições mais críticas do observador para ocorrência de ofuscamento.

4.3.3. Parâmetros para a simulação no TropLux

A esquadria da janela utilizada para o estudo considerou a tipologia existente na unidade padrão da unidade habitacional do condomínio em estudo, conforme figura 4. A estrutura da esquadria é de em alumínio anodizado natural com vidros lisos.

Figura 5 - Tipologia da janela presente na unidade habitacional.



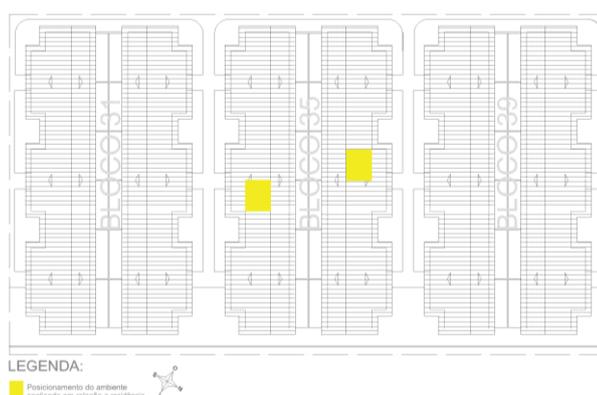
Fonte: Autoral (2022).

Para a simulação dos modelos, foram adotados alguns parâmetros comuns a todas as métricas, dentre eles, estão: período estabelecido para o processamento, orientação e posição dos modelos, altura do plano de trabalho, erro da componente difusa e transmitância do material da janela. Nos indicadores de EMA e UMA a caracterização dos processamentos foi idêntica, por utilizaram o plano de trabalho horizontal para obtenção dos resultados, já no POLNs/DGPs a simulação foi realizada a partir de parâmetros diferentes, visto que é uma métrica processada no plano de trabalho vertical.

O período de estudo estabelecido para a aplicação do método corresponde a 10 horas diárias, durante todo o ano, das 8h às 18h (IESNA, 2012). Porém o período de análise tem sido adaptado para aplicação de acordo com a realidade climática, o período de ocupação do ambiente e com os objetivos de cada pesquisa, reduzindo ou ampliando as horas em relação às recomendações originais (FELIPPE, 2016; NAULT et al., 2017). Nesta pesquisa, o período de estudo também foi adaptado para o período das 7h às 17h, levando em consideração a hora solar. Cabe salientar que o ambiente em estudo se trata de uma sala residencial de estar e jantar, e que os horários de funcionamento de um ambiente desse tipo correspondem a praticamente todas as horas do dia e da noite. Este estudo, porém, limitou-se a investigar parte desse período, sem prejuízo do cumprimento dos objetivos estabelecidos, visto que a análise é voltada à iluminação natural. O erro de processamento para a componente difusa através do software TropLux foi de 5 por cento.

Foram realizadas simulações considerando as orientações nor-noroeste (NNO) de azimute e sul-sudeste (SSE) da abertura, correspondentes aos azimutes 331° e 151° , respectivamente. A escolha das orientações teve como base a disposição das residências no condomínio; a seleção das residências a serem analisadas no recorte do condomínio levou em consideração o posicionamento em relação a quadra, objetivando a obstrução de toda a extensão horizontal de pedaço de céu a partir de uma mesma altura, conforme figura abaixo:

Figura 6 - Recorte das residências analisadas e posição do ambiente da sala de estar/jantar.



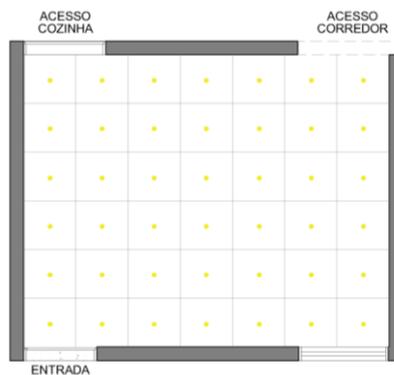
Fonte: Autoral (2022).

Para o vidro que compõe a janela do ambiente modelo foram adotadas as características de vidro simples que possui a configuração padrão do TropLux (CABÚS, 2002) com transmitância equivalente a 88%. A altura do plano de trabalho foi fixada em 0,75 m, observando o que usualmente é adotado para uma mesa de jantar.

4.3.3.1. Caracterização dos parâmetros comuns ao processamento de EMA E UMA

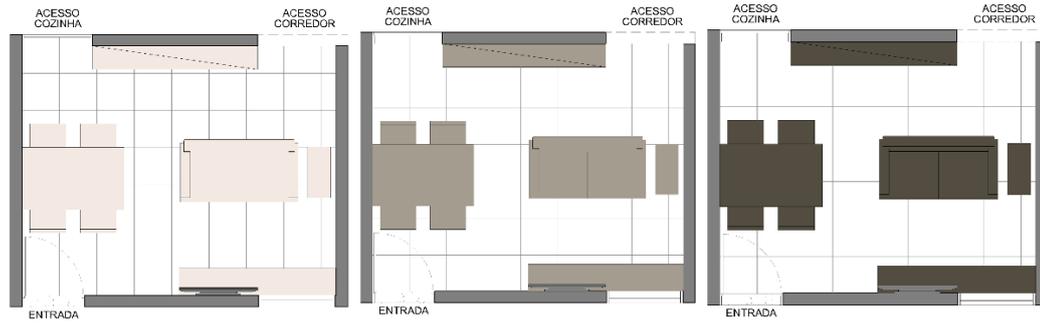
Além dos parâmetros supracitados que foram utilizados em todos os processamentos, foram aplicados outros necessários à simulação de EMA e UMA no plano horizontal, dentre eles estão: presença de mobiliário, utilização de malha de pontos, refletância difusa dos materiais e abertura das esquadrias. Os dados foram calculados em uma malha de pontos definidos pela norma da IES LM-83-12, que se baseia no tamanho e na forma da superfície de referência. Para o ambiente modelo em questão, a referida norma, no seu Anexo B, recomenda a utilização de uma malha de 6 x 7, totalizando 42 pontos de cálculo dispostos no ambiente, conforme figura abaixo:

Figura 7 - Disposição dos pontos em malha no ambiente de simulação.



Fonte: Autoral (2022).

Os indicadores de desempenho de cada estudo foram obtidos a partir da média dos pontos da malha. O estudo utiliza quatro variações para a análise dos resultados, quanto ao desempenho de luz natural através dos indicadores de desempenho. Foi realizada a separação do ambiente por meio de dois tipos, um sem a inserção de mobiliário, observando o comportamento da luz solar refletida sem a interferência de anteparos internos, e outro com a colocação de mobília, variando apenas a sua materialidade, mediante cores com refletâncias difusas (RD) diferentes, conforme figuras abaixo:

Figura 8 - Variação dos materiais da mobília com refletâncias difusas distintas.

Fonte: Autoral (2022).

Para facilitar o entendimento dos parâmetros processados em cada modelo, criou-se uma tabela discriminando todas as variações simuladas. Foram simulados 8 modelos distintos, sendo 4 deles voltados para a orientação NNO e 4 para a SSE; a malha foi a mesma em todos os modelos, bem como a presença das esquadrias abertas; já a mobília foi processada com a utilização do espaço sem anteparos e com a variação dela em 3 cores e refletâncias difusas distintas, como mostra o gráfico abaixo:

Tabela 3 - Parâmetros comuns às simulações de EMA e UMA.

Parâmetros para simulação de EMA e UMA									
Modelo: Sala de estar/jantar	Orientação		Malha dos pontos simulados	Esquadrias abertas		Mobília	Refletância difusa da mobília		
Parâmetros fixos e variáveis	NNO	SSE	6 x 7 (42 pontos)	Porta	Janela	Ausência	80%	50%	20%
Sem mobília	x		x	x	x	x			
Com mobília de cor clara	x		x	x	x		x		
Com mobília de cor intermediária	x		x	x	x			x	
Com mobília de cor escura	x		x	x	x				x
Sem mobília'		x	x	x	x	x			
Com mobília de cor clara'		x	x	x	x		x		
Com mobília de cor intermediária'		x	x	x	x			x	
Com mobília de cor escura'		x	x	x	x				x

Fonte: Autoral (2022).

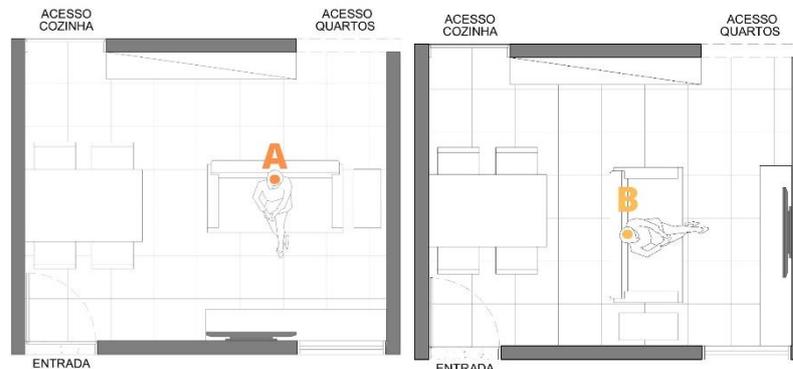
4.3.3.2. Caracterização dos parâmetros comuns ao processamento de POLNs/DGPs

A simulação de POLNs/DGPs utilizou planos verticais para o processamento, no estudo foi adotada a altura do olho do observador sentado, com o objetivo de verificar a possibilidade de ofuscamento na realização de tarefas visuais no ambiente. Como parâmetros para a simulação, foram aplicados: posição do observador e altura fixa da altura do olho, além do uso das esquadrias abertas ou fechadas.

O estudo utilizou 6 variações para a análise dos resultados em cada orientação, quanto à probabilidade de ofuscamento da luz natural. A disposição do mobiliário foi feita, de modo a permitir diversas possibilidades de análise do ofuscamento, sendo o sofá e a mesa de jantar

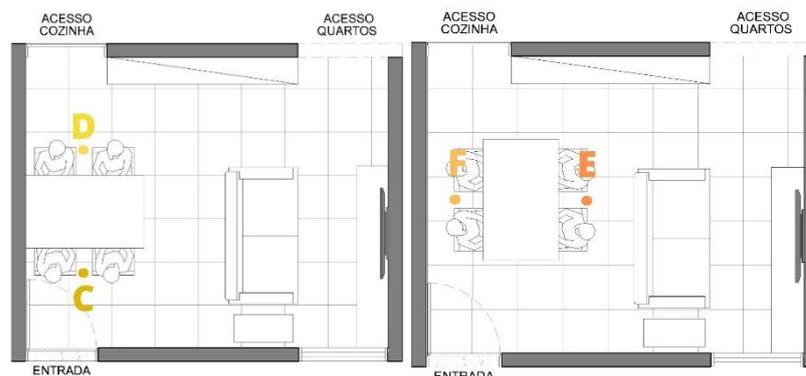
posicionados paralela e perpendicularmente à janela com entrada de luz natural, conforme figuras abaixo:

Figura 9 - Sofá posicionado paralelo e perpendicularmente à janela, respectivamente.



Fonte: Autorial (2022).

Figura 10 - Mesa posicionada paralela e perpendicularmente à janela, respectivamente.



Fonte: Autorial (2022).

Em observância aos parâmetros utilizados, foi criado um gráfico para expor as particularidades de cada modelo processado, a fim facilitar o entendimento na análise de resultados. O observador foi posicionado em 6 pontos distintos do ambiente, com o plano de processamento à altura do olho, simulando a realização de diversas atividades; o ambiente foi simulado em duas orientações distintas com variação da abertura das esquadrias, como demonstra o gráfico abaixo:

Tabela 4 - Parâmetros específicos para simulação de POLNs/DPGs.

Parâmetros para simulação de POLNs/DPGs					
Posição do observador	Orientação		Altura do olho do observador sentado	Esquadrias abertas	
Parâmetros fixos e variáveis	NNO	SSE	1,10 m	Porta	Janela
Observador no ponto A	x		x	x	x
Observador no ponto B	x		x	x	x
Observador no ponto C	x		x	x	x
Observador no ponto D	x		x	x	x
Observador no ponto E	x		x	x	x
Observador no ponto F	x		x	x	x
Observador no ponto A'		x	x	x	x
Observador no ponto B'		x	x	x	x
Observador no ponto C'		x	x	x	x
Observador no ponto D'		x	x	x	x
Observador no ponto E'		x	x	x	x
Observador no ponto F'		x	x	x	x
Observador no ponto A''	x		x		x
Observador no ponto B''	x		x		x
Observador no ponto C''	x		x		x
Observador no ponto D''	x		x		x
Observador no ponto E''	x		x		x
Observador no ponto F''	x		x		x
Observador no ponto A'''		x	x		x
Observador no ponto B'''		x	x		x
Observador no ponto C'''		x	x		x
Observador no ponto D'''		x	x		x
Observador no ponto E'''		x	x		x
Observador no ponto F'''		x	x		x

Fonte: Autoral (2022).

4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados foi voltada ao real impacto do layout de mobiliário na iluminação natural da sala de estar e jantar, a partir dos indicadores de desempenho da iluminação natural e ao índice de probabilidade de ofuscamento da luz natural, limitando-se a uma análise exploratória, a qual foi realizada a partir da observação do comportamento da iluminância e da probabilidade de possíveis ofuscamentos frente aos parâmetros estabelecidos para a pesquisa, levando em consideração as orientações definidas.

Em um segundo momento, esta análise teve o objetivo de investigar o comportamento dos indicadores de desempenho da iluminação natural diante da iluminância no ambiente, bem como a probabilidade de ofuscamento diante dos posicionamentos do observador no

ambiente. Os indicadores definidos para este fim foram a iluminância média anual (Ema), a uniformidade média anual (Uma), suas variações (ΔEma e ΔUma) e a Probabilidade Simplificada de Ofuscamento por Luz Natural (POLNs/DGPs). Os dados resultantes das simulações foram inseridos em planilhas elaboradas de acordo as características de cada ambiente. Este tratamento de dados foi necessário para posterior montagem dos gráficos inerentes à análise exploratória.

Com o objetivo de proporcionar melhor entendimento a respeito da análise dos dados para o processamento de EMA e UMA, inicialmente foi analisado o ambiente ausente de mobiliário, seguido da comparação entre si dos ambientes com mobiliário. Após isso, foi feita uma avaliação do impacto causado à iluminância nas quatro situações possíveis. Em relação ao processamento de POLNs/DGPs, inicialmente foi analisado o ambiente simulado com a porta aberta e posteriormente com a porta fechada. Após isso, foi feita uma avaliação da probabilidade de ofuscamento com o mobiliário posicionado paralela e perpendicularmente à janela.

5. RESULTADO E ANÁLISE

Com a finalidade de avaliar a eficiência lumínica e probabilidade simplificada de ofuscamento por luz natural, os modelos foram simulados e analisados diante da variação de parâmetros, conforme discriminado na tabela 5. Em ambas as métricas, foram avaliadas as orientações a sul-sudeste e nor-noroeste da abertura; entre as especificidades de cada avaliação, a ausência de mobília e a refletância difusa dos materiais foram abordadas em EMA e UMA, enquanto que em POLNs/DGPs foram examinadas a abertura das esquadrias e a posição do observador.

Tabela 5 - Variações avaliadas a partir das métricas processadas.

Avaliação de EMA e UMA						
Situação da mobília	Sem mobília	Com mobília de cor clara	Com mobília de cor intermediária	Com mobília de cor escura		
Variações avaliadas	Ausência de mobília Refletância difusa do material Orientação do ambiente					
Avaliação de POLNs/DGPs						
Posição do observador	Observador no ponto A	Observador no ponto B	Observador no ponto C	Observador no ponto D	Observador no ponto E	Observador no ponto F
Variações avaliadas	Posição do observador Abertura das esquadrias Orientação do ambiente					

Fonte: Autoral (2022).

5.1. ILUMINÂNCIA MÉDIA ANUAL E UNIFORMIDADE MÉDIA ANUAL

Com o objetivo de investigar o desempenho da iluminação natural diante do aumento do número de peças, foram analisadas as variações da iluminância média anual (ΔE_{ma}) e da uniformidade média anual (ΔU_{ma}).

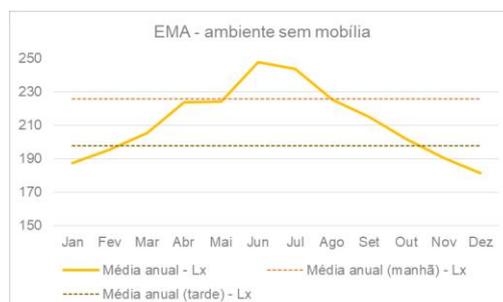
5.1.1. Orientação sul-sudeste

Com o objetivo de investigar o comportamento de indicadores de desempenho da iluminação natural diante do aumento do número de peças, foram analisadas as variações da iluminância média anual (ΔE_{ma}) e da uniformidade média anual (ΔU_{ma}) na orientação sul-sudeste. Inicialmente é realizada a análise do ambiente sem mobiliário e posteriormente com a inserção dele através de suas variações, em seguida é feita uma análise comparativa a fim de verificar os resultados.

5.1.1.1. Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente sem mobiliário

A figura abaixo mostra que a ausência de mobiliário na sala garante níveis mínimos necessários à realização de grande parte de atividades laborais, sendo necessário o auxílio de iluminação artificial para realização de tarefas visuais mais específicas como leitura e costura. Apesar de alguns meses apresentarem iluminância média abaixo de 200 lux, a maior parte do ano é capaz de atender às necessidades dos residentes, com junho e julho atingindo valores próximos de 250 lux. A média anual durante o período da manhã atinge níveis próximos de 200 lux, enquanto o período da tarde apresenta um aumento de aproximadamente 25 lux.

Gráfico 1 - ΔE_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos sem mobília.



Fonte: Autoral (2022).

5.1.1.2. Variação da Iluminância média anual (Δ Ema) – Ambiente com mobiliário

A partir da análise comparativa dos gráficos apresentados abaixo, é possível observar que a utilização de mobília com refletâncias difusas altera gradualmente os níveis de iluminância média anual no ambiente. Os dados demonstram que conforme menor o potencial de refletância do material, maior é a perda da iluminância média anual. Logo, o pior cenário notado em relação a Ema é o ambiente com a cor escura, que provoca uma perda de 11,97%, se comparado ao ambiente com cor clara, frente a perda de 6,31% com aplicação de cor intermediária em relação a clara.

Gráfico 2 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 3 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 4 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.

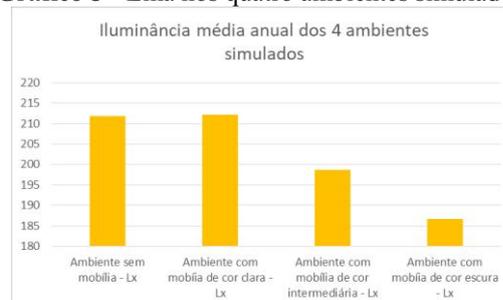


Fonte: Autoral (2022).

5.1.1.3. Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Iluminância média anual (Δ Ema)

Pode-se notar, a partir da análise gráfica abaixo, que a utilização de mobília com colocação clara não provocou perda ou ganho significativo na iluminância média anual em relação ao ambiente ausente de mobília, enquanto a utilização com o uso de materiais de cor intermediária e escura geraram perda de 6,18% e 11,85%, respectivamente.

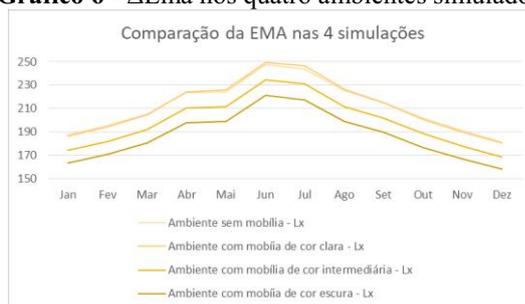
Gráfico 5 - Ema nos quatro ambientes simulados.



Fonte: Autoral (2022).

Em observância ao gráfico de linhas abaixo, é observada a paridade encontrada entre os ambientes simulados sem mobília e com uso dela na cor clara, de tal modo que as linhas aparentam ser uma só. As linhas que representam os ambientes com mobília de cor intermediária e escura demonstram um decréscimo proporcional aos valores encontrados no ambiente sem mobília, apesar de apresentarem perda na iluminância média anual.

Gráfico 6 - ΔE_{ma} nos quatro ambientes simulados.



Fonte: Autoral (2022).

5.1.1.4. Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente sem mobiliário

É notado através da análise do gráfico que a uniformidade média mantém uma constância ao longo dos meses, com variação aproximada de 5% entre máximas e mínimas; os valores mostram que a iluminação não é bem distribuída no ambiente, provocando em regiões de baixa luminosidade algum desconforto visual. O período correspondente ao horário da tarde demonstra que a distribuição da luz solar refletida é mais eficaz em comparação ao horário da manhã, com decréscimo de cerca de 10% na comparação anual.

Gráfico 7 - ΔU_{ma} nos quatro ambientes simulados.

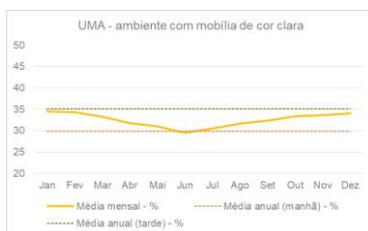


Fonte: Autoral (2022).

5.1.1.5. Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente com mobiliário

Observando comparativamente os gráficos das simulações realizadas para as três variações de cores, é notado que a perda percentual da uniformidade média anual, apesar de se gradual, é ínfima; tal condição revela que alteração de materiais com refletâncias difusas distintas não é capaz de modificar consistentemente a distribuição de iluminância no ambiente estudado.

Gráfico 8 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.



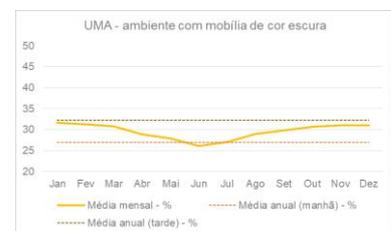
Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 9 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 10 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.

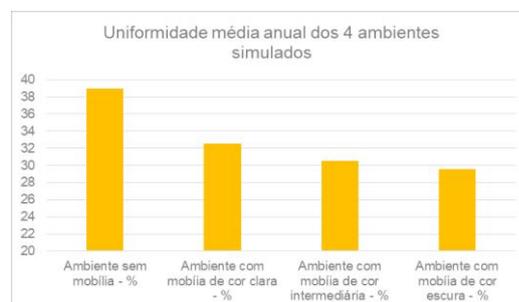


Fonte: Autoral (2022).

5.1.1.6. Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma})

A uniformidade média anual apresenta uma considerável perda com a inserção de mobiliário, ao passo que entre os materiais a variação não é tão grosseira, demonstrado assim que a presença de anteparos é o principal agente na distribuição uniforme de iluminância dentro do ambiente, como demonstra o gráfico abaixo:

Gráfico 11 - Uma nos quatro ambientes simulados.

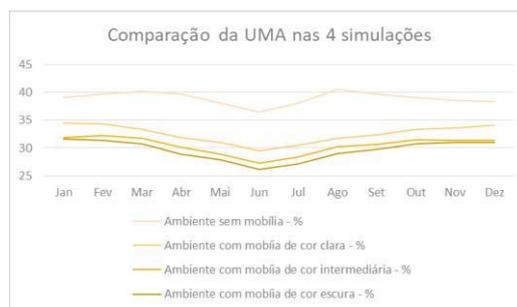


Fonte: Autoral (2022).

Comparando as quatro simulações realizadas no gráfico abaixo, nota-se que ao longo dos meses a variação da uniformidade média é pequena, todavia analisando os ambientes

entre si, é observado que a presença de mobiliário é um fator determinante para uma distribuição adequada de iluminância. Diferentemente do que foi observado na Ema, os ambientes sem móvel e com a presença dela na cor clara não produzem efeitos parecidos na Uma, de tal forma que a variação de cor mostra valores próximos na uniformidade da iluminância ao longo do ano.

Gráfico 12 - ΔU_{ma} nos quatro ambientes simulados.



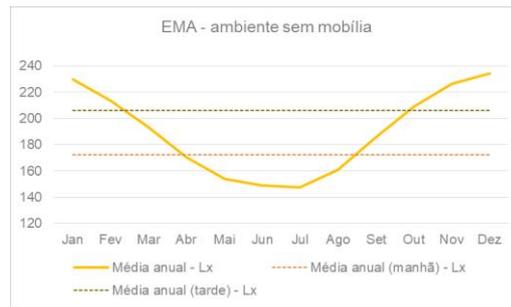
Fonte: Autoral (2022).

5.1.2. Orientação nor-noroeste

Com o objetivo de investigar o comportamento de indicadores de desempenho da iluminação natural diante do aumento do número de peças, foram analisadas as variações da iluminância média anual (ΔE_{ma}) e da uniformidade média anual (ΔU_{ma}) na orientação nor-noroeste. Inicialmente é realizada a análise do ambiente sem mobiliário e posteriormente com a inserção dele através de suas variações, em seguida é feita uma análise comparativa a fim de verificar os resultados.

5.1.2.1. Variação da Iluminância média anual (ΔE_{ma}) – Ambiente sem mobiliário

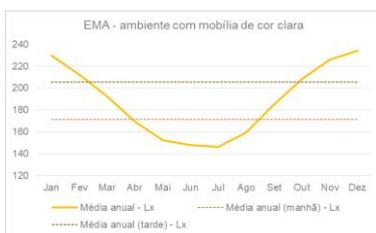
A partir da análise do gráfico abaixo, é observado que há uma variação considerável da iluminância média anual, com valores abaixo de 200 lux na grande maioria dos meses; tal situação demonstra a carência de luminosidade no ambiente simulado nesta orientação. Nota-se que o período da tarde atende melhor às necessidades dos usuários, na realização de tarefas visuais, de modo que o período da manhã apresenta valores inferiores a 180 lux, vindo a prejudicar a realização de tarefas simples na sala.

Gráfico 13 - Δ Ema e médias anuais durante os períodos diurnos sem mobília.

Fonte: Autoral (2022).

5.1.2.2. Variação da Iluminância média anual (Δ Ema) – Ambiente com mobiliário

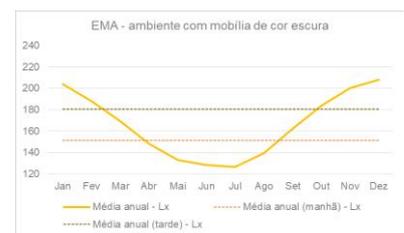
A análise do gráfico abaixo apresenta comparativamente a perda gradual dos níveis de iluminância conforme diminuição das refletâncias difusas dos materiais que compõe o mobiliário. É observado que, apesar da leve diminuição, o pior cenário atinge valores de iluminância abaixo de 200 lux durante praticamente todo o ano, uma queda correspondente a 12,08% dos níveis alcançados com a utilização do material claro, seguido de 6,30% de perda anual na relação entre o de dor clara e intermediária.

Gráfico 14 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.

Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 15 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária.

Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 16 - Δ Ema e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.

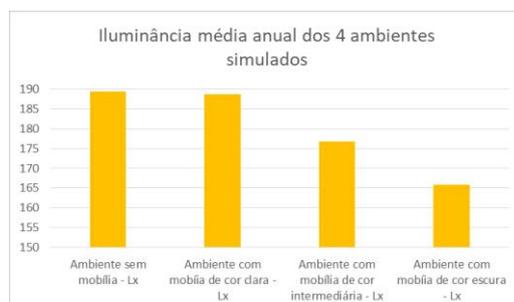
Fonte: Autoral (2022).

5.1.2.3. Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (Δ Ema)

Pode-se notar, a partir da análise gráfica abaixo a utilização do material de cor clara para a orientação simulada foi capaz de manter os mesmos valores de iluminância média anual, com apenas um leve decréscimo. A presença de mobiliário provocou uma queda de 0,42% seguida de 6,70% e 12,46% com o uso dos materiais em cor clara, intermediária e

escura, respectivamente. Já na comparação entre os ambientes variando apenas a cor, noutro-se que, mesmo mobiliado, o uso de materiais claros não provocou alterações significantes na iluminância média anual.

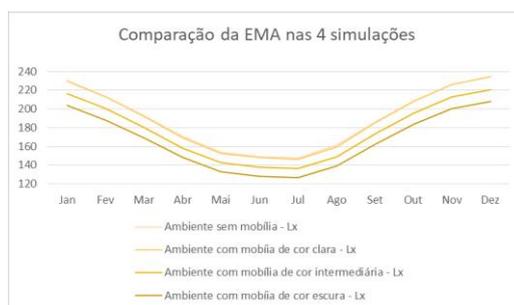
Gráfico 17 - Ema nos quatro ambientes simulados.



Fonte: Autoral (2022).

O gráfico de linhas demonstra claramente como a iluminância média se comporta ao longo dos meses nas quatro simulações realizadas, ratificando a manutenção dos níveis de iluminância ao utilizar a mobília de cor clara. Apesar da queda considerável com o uso dos materiais de cor intermediária e escura, foi observado que a variação média anual manteve uma perda gradual, sem alterar o padrão da linha ao longo dos meses.

Gráfico 18 - Δ Ema nos quatro ambientes simulados.

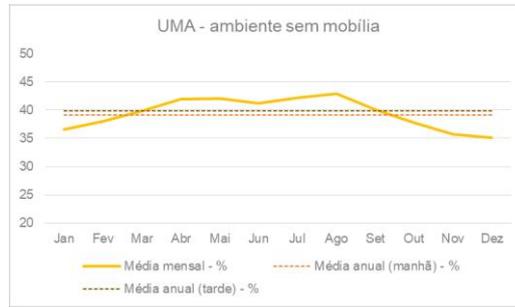


Fonte: Autoral (2022).

5.1.2.4. Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente sem mobiliário

É notado através da análise do gráfico que a uniformidade média anual é resultante de uma variação próxima de 5% ao longo dos meses, demonstrando que a distribuição da iluminância oscila pouco mês a mês. Além disso, nota-se que há pouca oscilação entre os períodos da manhã e tarde, evidenciando que há uma distribuição eficaz da iluminância diurna.

Gráfico 19 - ΔU_{ma} nos quatro ambientes simulados.



Fonte: Autoral (2022).

5.1.2.5. Variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma}) – Ambiente com mobiliário

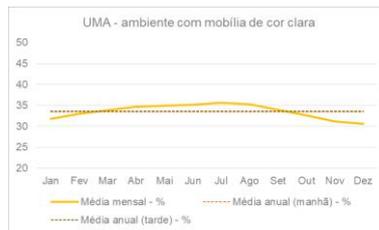
Nota-se que o emprego de mobília de cor clara e intermediária torna a distribuição de iluminância ao longo do ano mais eficiente, com uma perda razoável da primeira para a segunda. O uso de mobília escura apresenta o pior cenário na distribuição de iluminância que, apesar de pequena, muito próximo de 30% durante todo o ano. Nas três simulações, é observado que a variação nos períodos da manhã e tarde são muito próximas, evidenciando que há uma uniformidade durante o dia na distribuição de iluminância.

Gráfico 20 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor clara.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 21 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor intermediária.



Fonte: Autoral (2022).

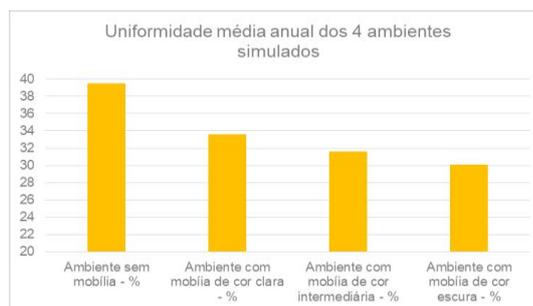
Gráfico 22 - ΔU_{ma} e médias anuais nos períodos diurnos com mobílias de cor escura.



Fonte: Autoral (2022).

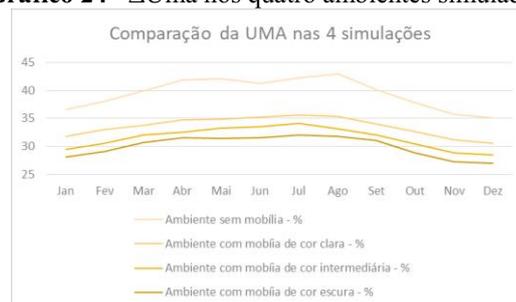
5.1.2.6. Análise comparativa das quatro simulações e a interferência do layout na variação da Uniformidade média anual (ΔU_{ma})

Observando comparativamente o gráfico das simulações realizadas para as quatro variações, é notado que há uma perda bruta na uniformidade média anual com a inserção de mobiliário no ambiente. Além disso, o uso de cores mais escuras provoca uma piora da distribuição de iluminância no ambiente, prejudicando a realização de tarefas visuais por parte dos usuários e carecendo de iluminação artificial para complementar a natural.

Gráfico 23 - Uma nos quatro ambientes simulados.

Fonte: Autoral (2022).

É notado no gráfico de linhas que a utilização do mobiliário, além da perda substancial provocada na distribuição de iluminância, também foi capaz de alterar a variação nas curvas de linha, dada a presença de anteparos que dificultam a passagem da luz internamente no ambiente.

Gráfico 24 - Δ Uma nos quatro ambientes simulados.

Fonte: Autoral (2022).

5.2. PROBABILIDADE SIMPLIFICADA DE OFUSCAMENTO POR LUZ NATURAL (POLNS/DGPS)

Para a análise da probabilidade simplificada de ofuscamento por luz natural, o comportamento da luz foi observado diante da variação de características, primeiramente referente à orientação sul-sudeste e posteriormente para nor-noroeste da abertura. A variação avaliada inicialmente é do ambiente com a porta e janela abertas, e posteriormente do ambiente apenas com a janela aberta.

5.2.1. Orientação sul-sudeste

Com o objetivo de investigar o comportamento de indicadores de desempenho da iluminação natural diante do aumento do número de peças, foram analisadas as variações da probabilidade simplificada de ofuscamento por luz natural na orientação sul-sudeste.

Inicialmente os modelos simulados para as análises apresentavam as duas esquadrias abertas e em segundo momento apenas a janela aberta.

5.2.1.1. Simulação com porta e janela abertas

Apesar de não caracterizar situações de ocorrência de ofuscamento, em observância a análise dos gráficos abaixo, notou-se que as posições do observador em frente às entradas de luz natural provocam aumento na probabilidade de ofuscamento; entretanto, Boyce (2003) já havia verificado isso: “o efeito do ofuscamento é maior em posições frontais à janela, que em posições laterais”. O maior índice de DGP alcançado foi no ponto A, todavia todas as simulações para as variações estipuladas não apresentaram ocorrência de ofuscamento ($DGP < 22$). É necessário constatar que no ponto B houve um pico no DPG, mas este não foi capaz de caracterizar ofuscamento no campo de visão. Observou-se também que a presença de anteparos externos que favorecem a proteção em relação a luz solar direta provoca grandes impactos na probabilidade de ofuscamento internamente, visto que antes mesmo passar através dos vãos da janela e porta, esta é tratada com as proteções verticais e horizontais da residência e do entorno; as diferenças de luminância são menores da varanda para a sala de estar, gerando uma menor probabilidade de ofuscamento por contraste.

Gráfico 25 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 26 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 27 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 28 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 29 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 30 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F.



Fonte: Autoral (2022).

5.2.1.2. Simulação apenas com a janela aberta

Considerando a entrada de luz por apenas uma esquadria, já que a porta encontra-se fechada nesta simulação, foi observado que em relação ao ambiente com as duas esquadrias abertas a probabilidade de ofuscamento foi menor em todos os pontos, principalmente nos pontos C', D', E' e F' que ficam próximos a porta, o que ratifica a observação sobre a menor diferença de luminância ser capaz de diminuir a probabilidade de ofuscamento; contudo, notou-se também que nestes pontos a distância percentual entre máximas e mínimas aumentou consideravelmente, demonstrando que ausência da porta aberta caracterizou uma maior variação na probabilidade de ofuscamento ao longo do ano. Em todos os pontos o ofuscamento foi imperceptível ($DGP < 22$), e os picos presentes no gráfico não são capazes de provocar aumento significativo, conforme observado nos gráficos abaixo.

Gráfico 31 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A'.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 32 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B'.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 33 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C'.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 34 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D'.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 35 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E'.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 36 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F'.



Fonte: Autoral (2022).

5.2.2. Orientação nor-noroeste

Com o objetivo de investigar o comportamento de indicadores de desempenho da iluminação natural diante do aumento do número de peças, foram analisadas as variações da probabilidade simplificada de ofuscamento por luz natural na orientação nor-noroeste. Inicialmente os modelos simulados para as análises apresentavam as duas esquadrias abertas e em segundo momento apenas a janela aberta.

5.2.2.1. Simulação com porta e janela abertas

Todos os pontos analisados demonstram uma variação proporcional ao longo do ano, bem como pequenos picos referentes ao índice de probabilidade de ofuscamento. Observa-se

que o posicionamento do observador em frente à janela proporciona aumento na probabilidade de ofuscamento, mesmo que ínfima; o ponto A'' possui os maiores índices de probabilidade, embora seja imperceptível. Vale salientar que a presença de anteparos externos foi capaz de obstruir a incidência direta da luz solar dentro do ambiente, de tal modo que a diferença de luminância entre a varanda e a sala de estar diminuísse e, conseqüentemente, a diferença de contraste fosse menor; ademais, nenhum ponto apresentou probabilidade de ofuscamento por luz natural.

Gráfico 37 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 38 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 39 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 40 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 41 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 42 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F''.



Fonte: Autoral (2022).

5.2.2.2. Simulação apenas com janela aberta

Em observância à probabilidade de ofuscamento de luz natural, não foi apresentado valor significativo em nenhum dos seis pontos capaz de causar ofuscamento ao usuário durante a realização de tarefas visuais. O ponto que obteve o maior índice foi o A'''

(DGP<22), seguido dos pontos C''' e E''', dado importante que corrobora com a ideia de Boyce (2003) que a posição frontal às esquadrias com entrada de luz apresenta maiores probabilidades de ofuscamento que as outras. Notou-se que, além da diminuição na probabilidade de ofuscamento, comparada à simulação com ambas as esquadrias abertas, houve também nos pontos C''', D''', E''' e F''' uma maior distância percentual entre máximas e mínimas, demonstrando que ausência da porta aberta caracterizou uma maior variação na probabilidade de ofuscamento ao longo do ano.

Gráfico 43 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto A'''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 44 - Visão do observador sentado no sofá, representado pelo ponto B'''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 45 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto C'''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 46 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto D'''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 47 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto E'''.



Fonte: Autoral (2022).

Gráfico 48 - Visão do observador sentado na cadeira de jantar, representado pelo ponto F'''.



Fonte: Autoral (2022).

5.3. AVALIAÇÃO GLOBAL

A avaliação do desempenho de luz natural no plano de trabalho da sala de estar/jantar da unidade habitacional possibilitou observar que a utilização de mobiliário de cor clara não provocou variação considerável aos níveis de iluminância no ambiente, em observância aos

resultados obtidos no ambiente sem mobiliário. Ainda sobre a iluminância média anual do espaço, constatou-se que apesar dos efeitos produzidos com o material de cor clara, as simulações com o uso de cores intermediária e escura provocaram uma perda substancial na EMA, o que conseqüentemente acaba prejudicando a realização de tarefas visuais dos usuários durante o dia, sendo necessário assim o complemento com luz artificial.

A respeito da UMA no plano de trabalho da sala de estar/jantar, constatou-se que a presença de anteparos no interior do ambiente provocou uma queda considerável na distribuição de iluminância, de tal modo que esta é prejudicada nos pontos mais distantes da entrada de luz natural. Quanto ao uso das cores intermediária e escura, é observado que a distribuição de iluminância já lesada com a inserção de mobiliário de cor clara decresce ainda mais, demonstrando que conforme menor a refletância difusa do material, maior é a perda, tanto no nível quanto na distribuição da iluminância.

Nos modelos de DGPs/POLNs, notou-se que na sala de estar/jantar a probabilidade de ofuscamento por luz natural foi maior em pontos nos quais o observador encontrava-se em posição frontal à entrada de luz, ao passo que a presença de anteparos na varanda, ambiente que antecede a sala de estar, diminui a probabilidade por contraste de claro/escuro. Outrossim, observou-se também que nos modelos com pontos mais distantes da janela em que apenas esta encontrava-se aberta, a possibilidade de ofuscamento diminuiu, ao passo que a diferença entre máximas e mínimas aumentou.

5.3.1. Parâmetros para garantia de um melhor desempenho de iluminação natural em projetos futuros de ambientação em habitações do PMCMV

A partir dos resultados e análises realizadas no ambiente da sala de estar/jantar, foi possível entender o comportamento da luz natural no interior do espaço, bem como sua influência na realização de tarefas visuais dos usuários. Dessa forma, consegue-se propor alternativas que favoreçam o melhor desempenho da luz natural na realidade existente para as famílias que residem no espaço, sem a necessidade de grandes investimentos. Entre essas opções, destacam-se a priorização de mobiliários com cores mais claras, a fim de permitir uma melhor distribuição e maiores níveis de iluminância no interior do ambiente, bem como a disposição de móveis em que o observador se encontre perpendicular às entradas de luz, minimizando assim a probabilidade de ofuscamento por luz natural.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Arquitetura e a construção civil precisam ponderar questões sociais, econômicas, ambientais e estéticas, pensando também na satisfação dos usuários. A habitação é local de refúgio e de desenvolvimento de diversas atividades e por isso ela deve estar adequada para atender às mais variadas necessidades. Por isso, projetar residências de forma a garantir condições de conforto por meio de estratégias passivas é um desafio desde os tempos primórdios ao qual, atualmente agregou-se também o objetivo de promover a eficiência energética.

Diversas qualidades são atribuídas ao uso da luz natural em edificações residenciais entre elas: qualidade ambiental; saúde dos usuários; e eficiência energética. Desta forma, com os estudos apresentados nesse trabalho espera-se contribuir com os aspectos positivos atribuídos ao uso da luz natural em ambientes residenciais, incentivando boas práticas nesse quesito. Para isso é fundamental o desenvolvimento de instrumentos que orientem e facilitem o processo de projeto, como o desenvolvimento manuais, normas e regras.

Para o desdobramento deste trabalho, foram desenvolvidos 16 modelos e 365 conjuntos de simulações, que permitiram realizar análises direcionadas ao mobiliário, bem como a influência da posição do observador e a utilização de aberturas para iluminação do ambiente. Desta forma, atende-se ao objetivo proposto de verificar, por meio do uso da simulação computacional, a influência de algumas variáveis no layout de mobiliário, especificamente a cor e a distribuição interna, no comportamento da luz natural em habitações do PMCMV.

6.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Entre as limitações encontradas no desenvolvimento da pesquisa, a principal delas foi a falta de trabalhos voltados ao estudo de iluminação natural atrelado ao layout de mobiliário, sendo os trabalhos usados no referencial teórico abrangidos apenas pelo tema de iluminação natural.

Com base na temática abordada neste trabalho, novos estudos podem ser realizados, tais como: usar outros tipos de materiais nas superfícies, com variação nas refletâncias ou transmitância do vidro das aberturas; abordar outros ambientes das residências, com usos distintos; e usar outras tipologias das habitações de interesse social.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: Iluminação natural – Parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Iluminação natural – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais: Desempenho – Parte I, Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió: Edufal, 2004.
- BOUBEKRI, M; BOYER, L.L. **Efeito do tamanho da janela e da presença de luz solar no ofuscamento**. Pesquisa e Tecnologia de Iluminação. 1992;24(2):69-74. doi: 10.1177/096032719202400203
- BRASIL. **Lei nº 11.888, de 24 de dezembro de 2008**. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. Brasília, DF: Presidência da República, 24 dez. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11888.htm. Acesso em: 25 abril. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 14.118 de 13 de janeiro de 2021**. Institui o Programa Casa Verde Amarela e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14118.html. Acesso em: 25 abril 2022.
- BRASIL, Governo Federal; CAIXA ECONÔMICA FEDERAL **Minha Casa, Minha Vida**: cartilha completa. Brasília. Disponível em: www.cidades.gov.br. Acesso em: 05 de julho de 2022.
- BRASIL, Estatuto da Cidade, Lei federal de Desenvolvimento Urbano, Lei nº. 10.257 de 10 de julho de 2001 (2001). Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais e dá outras providências. IN.: OLIVEIRA, Isabel Cristina Eiras de. Estatuto da Cidade para compreender ... Rio de Janeiro: IBAM/DUMA.
- BUTERA, F. M. **Da caverna à casa ecológica**. História do conforto e da energia. Tradução de Elza Bassetto. São Paulo: Nova Técnica, 2009.

CABÚS, R. C. 2002. **Tropical daylighting**: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil. England. 2002. Tese (Doctor of Philosophy) School of Architectural Studies. University of Sheffield.

CABÚS, R. C. 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., 2005, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2005a.

CABÚS, R. C.; RIBEIRO, P. V. S.; BASTOS, O. M. K.; SILVA, L. F. **TropLux 8**. Titulares: Universidade Federal de Alagoas, Instituto Lumeeiro. BR512020002087-9. Criação: 10/09/2019. Registro: 06/10/2020.

CABÚS, R. C. Validação do programa Troplux. *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8.; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 4., 2005, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2005b.

CARMODY, J. *et al.* **Window System for High-Performance Buildings**. W. W. Norton and Company, New York, 2004.

CINTRA, M. S. **Arquitetura e Luz Natural**: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2011.

CUNHA, R. P. SANTOS, C. G. ARAÚJO, F. S. Os Impactos do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió/AL: o caso da Vila dos Pescadores. *In*: Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 17, São Paulo, 2017. **Anais [...]**. São Paulo: ANPUR, 2017. p. 1-20.

DIDONÉ, Evelise L. **A influência da luz Natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF**: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FERREIRA, J. S. W. **Produzir Casas ou Construir Cidades? Desafios para um novo Brasil urbano**, São Paulo, LABHAB/FUPAM, 2012.

FELIPPE, A. R. **Desempenho luminoso e energético de vidros de controle solar e dispositivos de sombreamento**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

FOLZ, R. R. **Mobiliário na Habitação Popular**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GARROCHO, J. S. **Luz Natural e Luz Artificial na reabilitação do ambiente**. In: ROMERO, M. A.B. (org.), *Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística*. Brasília:FAU/UnB, 2009.

GONÇALVES J. C. S., VIANNA, N. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros Ltda, 2001.

GONÇALVES J. C. S., VIANNA, N. S., MOURA, N. C. S. **Iluminação Natural e Artificial**. Rio de Janeiro: Eletrobras; Procel; Procel Edifica, 2011.

HARB, F.; HIDALGO, M. P.; MARTAU, B. **Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms**. *Chronobiology International*, v. 32, n. 3, p. 368-375, 2015.

IESNA *IES LM-83-12*. IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, NY, USA, IESNA Lighting Measurement, 2012.

LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LARANJA, A. C.; CABÚS, R.; ALVAREZ, C. E.; CORREIA, L. G. **Análise das relações entre a geometria urbana e a orientação das aberturas na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, Belo Horizonte, v. 20, n. 26, p. 151-167, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras; Procel; Procel Edifica, 2014.

LEAL, Lilianne de Queiroz. **A influência das variáveis de entorno e do edifício sobre as iluminâncias e o ofuscamento nos ambientes internos**: um estudo de caso em edifícios residenciais multipavimentos em recorte urbano na cidade de João Pessoa-PB. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

KERKHOFF, H. V. **Mobiliário para Habitação de Interesse Social**: conflitos, percepção e satisfação dos usuários. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

LYNES, J. A. **Principles of natural lighting**. Nova York: Elsevier Publishing Company, 1968. MOORE, F. *Concepts and practice of architectural daylighting*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

MACEIÓ. **Base Cartográfica Oficial de Maceió**. Área Urbana do Município de Maceió. 2000. Disponível em: <http://www.maceio.al.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/pdf/2018/11/Bairros-de-Macei%C3%B3.pdf>. Acesso em 25 abril 2022.

MACEIÓ. **Lei 5.593, de 08 de fevereiro de 2007**. Código de urbanismo e edificações do município de Maceió. Maceió, AL: Prefeitura Municipal de Maceió, 2007. Disponível em:

<http://www.maceio.al.gov.br/wp-content/uploads/admin/documento/2013/11/Lei-Municipal-5.593-de-08-de-Fevereiro-de-2007-C%3%93DIGO-DE-URBANISMO-E-EDIFICA%3%87%3%95ES-DO-MUNIC%3%8DPIO-DE-MACEI%3%93.pdf>. Acesso em: 25 abril 2022.

MESA, N. A.; CORICA, L.; PATTINI, A. Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment: A study in Mendoza, Argentina. **Renewable Energy**, v. 36, n. 9, p. 2414-2423, Sept. 2011.

Moeck, M. **On daylight quality and quantity and its application to advanced daylight systems**. Journal of the Illuminating Engineering Society, New York: Illuminating Engineering Society of North America, p. 3-21. 1998.

NAULT, E.; MOONEN, P.; REY, E.; ANDERSEN, M. Predictive models for assessing the passive solar and daylight potential of neighborhood designs: A comparative proof-of-concept study. **Building and Environment**, n. 116, p. 1-16, 2017.

OESCHLER, B. **Mobiliário para habitações populares**: O mobiliário planejado de acordo com as condições econômicas de famílias de habitações populares. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC, 2010.

ROLNIK, R. **Guerra dos Lugares**: A colonização da terra e da moradia na era das finanças, São Paulo, Boitempo. 2015.

SANTOS, E. N. **Sob a luz do Habitar**: Impacto de reformas autogeridas do desempenho luminoso de unidades habitacionais de interesse social. Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

SCARAZZATO, Paulo Sergio. Dia Luminoso Típico: conceituação e aplicação. *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3., 1995, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: ENCAC, 1995.

TECHIO, L. M. **Avaliação da iluminação natural de habitação multifamiliar de interesse social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

VALE, Helena Cristina Pimentel do; LENZI, Livia Aparecida Ferreira (org.). **Manual para normalização de trabalhos acadêmicos da UFAL**. Maceió: UFAL, 2022. Disponível em: https://sibi.ufal.br/portal/wp-content/uploads/2022/09/Manual-para-normaliza%c3%a7%c3%a3o-de-trabalhos-academicos_atualizado-em_22SET_site.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. **Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras**. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 743-757, jul. 2006.