

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO – PPGAU  
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO

EDILSON NUNES DOS SANTOS

SOB A LUZ DO HABITAR:  
Impacto de Reformas Autogeridas no Desempenho Luminoso de Unidades  
Habitacionais de Interesse Social

Maceió  
2021

EDILSON NUNES DOS SANTOS

SOB A LUZ DO HABITAR:

Impacto de Reformas Autogeridas no Desempenho Luminoso de Unidades  
Habitacionais de Interesse Social

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús

Maceió

2021

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

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

- S237s Santos, Edilson Nunes dos.  
Sob a luz do habitar : impacto de reformas autogeridas no desempenho luminoso de unidades habitacionais de interesse social / Edilson Nunes dos Santos. – 2021.  
100 f. : il. color.
- Orientador: Ricardo Carvalho Cabús.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2021.
- Bibliografia: f. 85-92.  
Apêndices: f. 93-100.
1. Iluminação natural. 2. Habitação popular. I. Título.

CDU: 728

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO – PPGAU  
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO

EDILSON NUNES DOS SANTOS

SOB A LUZ DO HABITAR:

Impacto de Reformas Autogeridas no Desempenho Luminoso de Unidades  
Habitacionais de Interesse Social

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

APROVADO em 01/10/2021

BANCA EXAMINADORA




---

Prof. Dr. Ricardo Carvalho Cabús  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (Orientador)



---

Profª Drª Juliana Oliveira Batista  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Profª Drª Débora de Barros Cavalcanti Fonseca  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Profª Drª Letícia Maria de Araújo Zambrano  
Universidade Federal de Juiz de Fora

A Deus e Minha Família.

## **AGRADECIMENTOS**

Gratidão,

A todos que fizeram parte desse ciclo, fundamental em minha vida.

A Deus, por ser fonte de luz e inspiração.

À minha mãe, Fátima, pelo apoio de sempre.

Ao meu pai, Admilson (in memoriam).

Aos meus irmãos Lucas, Simone e Fernanda, por compartilharem comigo alegrias e anseios.

Aos meus professores, em especial a Juliana e Débora, por me direcionarem.

Ao meu orientador, por instigar meu lado pesquisador.

Aos meus colegas de Mestrado, Wellington e Laís, parceiros de linha de pesquisa.

Aos colegas do GRILU, em especial a Lara, Orestes e Lívia, pelo auxílio prestado.

Aos familiares e amigos que me acompanharam e torceram por mim nessa jornada.

A todos, minha infinita gratidão.

“Espaço e Luz e Ordem. Essas são as coisas de que os homens precisam tanto quanto precisam de pão ou de um lugar para dormir”.

(LE CORBUSIER, s.d.)

## RESUMO

As reformas autogeridas são adaptações promovidas pelos moradores que buscam suprir necessidades espaciais e funcionais nos espaços onde vivem. Devido à falta de planejamento, essas adaptações negligenciam aspectos como a iluminação natural, o que acaba comprometendo seu desempenho. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a influência de reformas autogeridas no desempenho da iluminação natural em unidades habitacionais do Conjunto Residencial Jardim Royal, em Maceió. Foi realizada avaliação do desempenho luminoso da unidade habitacional e, em seguida, foram avaliados modelos representando as unidades com reformas autogeridas. Além disso, foram comparados os resultados dos modelos reformados com o projeto original. Utilizou-se o software TropLux 8 como ferramenta para simulação computacional e adotadas as métricas Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe), Exposição Solar Anual (ESA) e Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA). São considerados os planos de trabalho da sala de estar/jantar e cozinha; o período correspondente ao intervalo das 8h30 às 17h30 para todos os dias do ano; e as orientações nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste, conforme implantação adotada no local. Foi realizado ainda o levantamento da situação atual, por meio do Google Street View, e constatadas alterações nas residências em relação à estrutura original. Os resultados indicam que o projeto original já apresenta um bom desempenho e que as modificações na estrutura original do muro e cobertura paralelas à sala de estar/jantar e cozinha alteraram negativamente os níveis de iluminância e suficiência luminosa no plano de trabalho desses espaços. Constata-se que a obstrução da abóbada celeste é a principal causa da diminuição no desempenho luminoso dos planos de trabalhos analisados e que parte desse prejuízo pode ser minimizada com a adoção de estratégias projetuais como o uso de elementos vazados, varandas, aberturas laterais ou zenitais e proteções solares fixas ou flexíveis.

Palavras-chave: Iluminação natural. Habitação de Interesse Social. Reformas autogeridas.



## ABSTRACT

Self-managed retrofit are adaptations promoted by residents, who seek to meet spatial and functional needs in the spaces where they live. Due to lack of planning, these adaptations neglect aspects such as daylighting, which ends up compromising their performance. Thus, the objective of this paper is to evaluate the influence of self-managed retrofit on the performance of daylighting in housing units in a residential complex located in Maceió. For this, the Jardim Royal Residential Complex was adopted as a case study. The luminous performance of the housing unit was evaluated, and then models representing the units with self-managed retrofit were evaluated. Furthermore, the results of the reformed models were compared with the original design. The TropLux 8 software was used as a tool for computer simulation and the metrics Spatial Daylight Autonomy (sDA), Annual Sun Exposure (ASE) and Average Annual Illuminance Variation ( $\Delta$ EMA) were adopted. Furthermore, the work plans of the living/dining room and kitchen are considered; the period corresponding to the interval from 8:30 am to 5:30 pm for all days of the year; and the northeast, southeast, southwest and northwest orientations, according to the implantation adopted in the place. A survey of the current situation was also carried out, through Google Street View, and changes were found in the homes in relation to the original structure. The results indicate that the original project already presents a good performance and that the modifications in the original structure of the wall and roof parallel to the living/dining room and kitchen negatively altered the levels of illuminance and light sufficiency in the work plan of these spaces. It appears that the obstruction of the celestial vault is the main cause of the decrease in the luminous performance of the analyzed work plans and that part of this damage can be minimized with the adoption of design strategies such as the use of hollow elements, balconies, lateral or zenithal openings and fixed or flexible sunscreens.

Keywords: Daylighting. Social habitation. Self-managed retrofit.

## LISTA DE FIGURAS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Figura 01 | Estrutura do trabalho e conteúdos abordados .....                                    | 19 |
| Figura 02 | Política habitacional no Brasil até 2002.....  | 22 |
| Figura 03 | Marcos da política habitacional no Brasil entre 2001 e 2016.....                     | 24 |
| Figura 04 | Localização dos empreendimentos do PMCMV na cidade de Maceió – AL .....              | 31 |
| Figura 05 | Participação de arquitetos e/ou engenheiros na construção civil no Brasil .....      | 35 |
| Figura 06 | Diagrama de procedimentos metodológicos .....  | 46 |
| Figura 07 | Localização do Conjunto Residencial Jardim Royal .....                               | 47 |
| Figura 08 | Perspectiva do Conjunto Residencial Jardim Royal.....                                | 48 |
| Figura 09 | Implantação do Conjunto Residencial Jardim Royal.....                                | 48 |
| Figura 10 | Perspectiva da unidade residencial padrão .....                                      | 49 |
| Figura 11 | Planta baixa da proposta original .....  | 50 |
| Figura 12 | Planta baixa da proposta de ampliação .....  | 50 |
| Figura 13 | Unidades habitacionais no formato original.....                                      | 51 |
| Figura 14 | Descaracterização de uma das unidades habitacionais no empreendimento .....          | 52 |
| Figura 15 | Área de abrangência do Google Street View no Conjunto Residencial Jardim Royal ..... | 53 |
| Figura 16 | Recorte urbano do conjunto habitacional .....  | 53 |
| Figura 17 | Esquema das modificações classificadas por grupos.....                               | 54 |
| Figura 18 | Situação atual das unidades habitacionais .....                                      | 56 |
| Figura 19 | Modelo representando a unidade habitacional padrão .....                             | 57 |
| Figura 20 | Planos de trabalho analisados.....   | 58 |
| Figura 21 | Padrões de implantação das residências nos lotes .....                               | 58 |
| Figura 22 | Implantação original e atual do Conjunto Jardim Royal .....                          | 59 |
| Figura 23 | Padrões de modificações observados nas residências .....                             | 60 |
| Figura 24 | Simplificação dos padrões de modificações em grupos de análise .....                 | 61 |
| Figura 25 | Modelos representando os principais tipos de modificações .....                      | 61 |
| Figura 26 | Janela de Geometria do Projeto do software TropLux 8.....                            | 63 |

## LISTA DE TABELAS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabela 01 | Síntese dos resultados obtidos para cada modelo reformado em comparação com o modelo de referência ..... | 80 |
| Tabela 02 | Máscaras de sombra da abertura da sala de estar do modelo de referência .....                            | 93 |
| Tabela 03 | Máscaras de sombra da abertura da sala de estar dos modelos reformados (G1, G2 e G3) .....               | 94 |
| Tabela 04 | Máscaras de sombra da abertura da sala de estar dos modelos reformados (G4, G5 e G6) .....               | 95 |
| Tabela 05 | Máscaras de sombra da abertura da cozinha do modelo de referência .....                                  | 96 |
| Tabela 06 | Máscaras de sombra da abertura da cozinha dos modelos reformados (G1, G2 e G3) .....                     | 97 |
| Tabela 07 | Máscaras de sombra da abertura da cozinha dos modelos reformados (G4, G5 e G6) .....                     | 98 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Gráfico 01 | Déficit habitacional no Brasil (2005-2012) .....  | 26  |
| Gráfico 02 | Relação dos principais tipos de reformas observadas no Conjunto Residencial .....                 | 55  |
| Gráfico 03 | $\Delta$ EMA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência ..... | 67  |
| Gráfico 04 | $\Delta$ EMA na cozinha para as diferentes orientações do modelo de referência .....              | 68  |
| Gráfico 05 | ALNe na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência .....         | 68  |
| Gráfico 06 | ALNe na cozinha para as diferentes orientações do modelo de referência .....                      | 69  |
| Gráfico 07 | ESA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência .....          | 70  |
| Gráfico 08 | $\Delta$ EMA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados.....   | 71  |
| Gráfico 09 | $\Delta$ EMA na cozinha para as diferentes orientações dos modelos reformados .....               | 72  |
| Gráfico 10 | ALNe na sala de estar/jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados.....           | 73  |
| Gráfico 11 | ALNe na cozinha para as diferentes orientações dos modelos reformados .....                       | 74  |
| Gráfico 12 | ESA na sala de estar/ jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados .....          | 75  |
| Gráfico 13 | Porcentagem de publicações usadas de acordo com o tipo de publicação .....                        | 99  |
| Gráfico 14 | Porcentagem de publicações usadas de acordo com o intervalo de tempo da publicação .....          | 100 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |   |
|----------|---|
| ABNT     | Associação Brasileira de Normas Técnicas  |
| ALNe     | Autonomia da Luz Natural Espacial   |
| APO      | Avaliação Pós-Ocupação  |
| BNH      | Banco Nacional de Habitação   |
| CadÚnico | Cadastro Único para Programas Sociais   |
| CAU-BR   | Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil   |
| CDDL     | Céu de Distribuição Dinâmica de Luminância  |
| CEF      | Caixa Econômica Federal   |
| COVID-19 | Doença do Coronavírus 2019 (Coronavirus disease 2019)   |
| ESA      | Exposição Solar Anual   |
| FCP      | Fundação Casa Popular   |
| FJP      | Fundação João Pinheiro  |
| FNHIS    | Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social   |
| GF       | Governo Federal   |
| GRILU    | Grupo de Iluminação Natural   |
| HIS      | Habitação de Interesse Social   |
| IAPI     | Instituto de Aposentadoria e Pensão   |
| IBGE     | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística   |
| IES      | Illuminating Engineering Society of North America   |
| INI-R    | Instrução Normativa Inmetro para a classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais |
| INMETRO  | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  |
| IULN     | Iluminância Útil de Iluminação Natural  |
| LM-83-12 | Lighting Measurements 83-12   |
| MF       | Ministério da Fazenda   |
| NBR      | Norma Brasileira  |
| OMS      | Organização Mundial da Saúde  |
| PAIH     | Plano de Ação Imediata para Habitação   |
| PAC      | Programa de Aceleração do Crescimento   |
| PlanHab  | Plano Nacional de Habitação   |
| PMCMV    | Programa Minha Casa Minha Vida  |
| PnadC    | Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua  |

|              |  |
|--------------|--|
| PNH          | Política Nacional de Habitação   |
| PR           | Presidente da República  |
| PVCA         | Programa Casa Verde e Amarela  |
| RMs          | Regiões Metropolitanas   |
| RTQ-R        | Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais |
| SFH          | Sistema Financeiro de Habitação  |
| SFI          | Sistema Financeiro Imobiliário   |
| SM           | Salário Mínimo   |
| SNHIS        | Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social  |
| UFAL         | Universidade Federal de Alagoas  |
| ZEs          | Zonas de Expansão  |
| ZRs          | Zonas Residenciais   |
| ZRAs         | Zonas Residenciais Agrícolas   |
| $\Delta$ EMA | Variação da Iluminância Média Anual  |

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>16</b> |
| 1.1      | OBJETIVOS .....   | 18        |
| 1.1.1    | <b>Objetivos específicos</b> .....  | <b>18</b> |
| 1.2      | ESTRUTURA DO TRABALHO .....   | 19        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | <b>21</b> |
| 2.1      | HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....  | 21        |
| 2.1.1    | <b>Políticas Habitacionais no Brasil</b> .....                                | <b>22</b> |
| 2.1.2    | <b>Déficit Habitacional</b> .....   | <b>25</b> |
| 2.1.3    | <b>Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)</b> .....                           | <b>28</b> |
| 2.1.4    | <b>Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió</b> .....                         | <b>29</b> |
| 2.2      | AUTOCONSTRUÇÃO E REFORMAS AUTOGERIDAS .....                                   | 32        |
| 2.2.1    | <b>Reformas Autogeridas</b> .....   | <b>33</b> |
| 2.3      | AVALIAÇÃO DE PROJETOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL .....                 | 36        |
| 2.3.1    | <b>Avaliação de Projetos Habitacionais quanto ao Conforto Ambiental</b> ..... | <b>37</b> |
| 2.3.2    | <b>Avaliação de Projetos Habitacionais quanto à Iluminação Natural</b> .....  | <b>38</b> |
| 2.4      | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO .....  | 41        |
| 2.4.1    | <b>Diretrizes de Iluminação Natural para Residências</b> .....                | <b>41</b> |
| 2.4.2    | <b>Indicadores de Desempenho Luminoso</b> .....                               | <b>43</b> |
| 2.4.2.1  | <i>Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)</i> .....                         | 43        |
| 2.4.2.2  | <i>Exposição Solar Anual (ESA)</i> .....                                      | 44        |
| 2.4.2.3  | <i>Variação da Iluminância Média Anual (<math>\Delta EMA</math>)</i> .....    | 44        |
| 2.5      | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....   | 45        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....  | <b>46</b> |
| 3.1      | DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....                             | 47        |
| 3.1.1    | <b>Descrição da Unidade Habitacional Padrão</b> .....                         | <b>49</b> |
| 3.1.2    | <b>Descrição das Reformas Autogeridas</b> .....                               | <b>51</b> |
| 3.1.3    | <b>Levantamento das Reformas Autogeridas</b> .....                            | <b>52</b> |
| 3.1.4    | <b>Análise das Reformas Autogeridas</b> .....                                 | <b>54</b> |
| 3.2      | ELABORAÇÃO DOS MODELOS.....   | 56        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.2.1    | <b>Unidade Habitacional Padrão .....</b>   | <b>57</b> |
| 3.2.2    | <b>Unidades com Reformas Autogeridas .....</b>   | <b>59</b> |
| 3.3      | SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....   | 62        |
| 3.3.1    | <b>O Software TropLux .....</b>  | <b>62</b> |
| 3.3.2    | <b>Parâmetros de Simulação .....</b>   | <b>63</b> |
| 3.4      | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....   | 64        |
| 3.5      | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....  | 65        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>   | <b>66</b> |
| 4.1      | DESEMPENHO LUMINOSO DA UNIDADE HABITACIONAL<br>PADRÃO  | 66        |
| 4.1.1    | <b>Variação da Iluminância Média Anual (<math>\Delta</math>EMA) .....</b>  | <b>66</b> |
| 4.1.1.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>67</i> |
| 4.1.1.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>67</i> |
| 4.1.2    | <b>Autonomia da Luz Natural espacial (ALNe) .....</b>  | <b>68</b> |
| 4.1.2.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>68</i> |
| 4.1.2.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>69</i> |
| 4.1.3    | <b>Exposição Solar Anual (ESA) .....</b>   | <b>69</b> |
| 4.1.3.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>69</i> |
| 4.1.3.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>70</i> |
| 4.2      | DESEMPENHO LUMINOSO DAS UNIDADES COM REFORMAS<br>AUTOGERIDAS .....   | 70        |
| 4.2.1    | <b>Variação da Iluminância Média Anual (<math>\Delta</math>EMA) .....</b>  | <b>71</b> |
| 4.2.1.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>71</i> |
| 4.2.1.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>72</i> |
| 4.2.2    | <b>Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) .....</b>  | <b>72</b> |
| 4.2.2.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>73</i> |
| 4.2.2.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>73</i> |
| 4.2.3    | <b>Exposição Solar Anual (ESA) .....</b>   | <b>74</b> |
| 4.2.3.1  | <i>Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar .....</i>  | <i>74</i> |
| 4.2.3.2  | <i>Plano de Trabalho 2 – Cozinha.....</i>  | <i>75</i> |
| 4.3      | COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO DAS UNIDADES<br>HABITACIONAIS ANTES E DEPOIS DAS INTERVENÇÕES<br>AUTOGERIDAS ..... | 76        |



|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 4.3.1 | Grupo 01 .....   | 76        |
| 4.3.2 | Grupo 02.....  | 76        |
| 4.3.3 | Grupo 03.....  | 77        |
| 4.3.4 | Grupo 04.....  | 77        |
| 4.3.5 | Grupo 05.....  | 78        |
| 4.3.6 | Grupo 06.....  | 78        |
| 4.3.7 | Avaliação Global .....   | 79        |
| 5     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>82</b> |
| 5.1   | LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÃO DE TRABALHOS<br>FUTUROS .....                        | 83        |
|       | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>85</b> |
|       | <b>APÊNDICE A – Máscaras de Sombra dos Modelos Com<br/>Diferentes Orientações.....</b> | <b>93</b> |
|       | <b>APÊNDICE B – Levantamento das Publicações Usadas na<br/>Pesquisa.....</b>           | <b>99</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os programas desenvolvidos pelo governo federal e destinados à Habitação de Interesse Social (HIS), destaca-se o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Segundo Cunha *et al.* (2017), Alagoas foi o estado brasileiro que mais recebeu incentivos federais para implementação do PMCMV. De forma que, até agosto de 2015, mais de 64.300 (sessenta e quatro mil e trezentas) famílias foram contempladas com o programa no estado.

Apesar dos benefícios gerados pelos programas habitacionais, a repetição dos projetos de conjuntos habitacionais em série de casas populares idênticas não leva em consideração as condições do lote em que está inserida, afetando negativamente a qualidade de vida proporcionada pelo ambiente construído (ROSA, 2008). Além disso, durante a concepção das unidades habitacionais, as necessidades e particularidades dos moradores não são consideradas, gerando problemas relacionados ao dimensionamento, funcionalidade e conforto ambiental dos cômodos. Outros aspectos que interferem na qualidade das unidades estão relacionados à localização, entorno, privacidade, segurança, acessibilidade, qualidade dos materiais e flexibilidade dos ambientes.

Parte da padronização adotada nos projetos habitacionais é uma forma de diminuir os gastos das empresas responsáveis pela construção dos empreendimentos, que visam obter lucros cada vez mais altos. Segundo Cunha *et al.* (2017), o PMCMV funciona como uma ferramenta de lucro para o mercado imobiliário, por ser guiado pelos interesses privados, que ditam, por exemplo, os materiais construtivos a serem utilizados. Cardoso e Aragão (2013) elencam como pontos problemáticos do programa: o tamanho dos empreendimentos, cada vez maiores para atender uma demanda de lucro; e construções feitas com materiais de baixa qualidade arquitetônica e construtiva.

Devido às limitações espaciais e funcionais das unidades habitacionais desenvolvidas para fins de interesse social, os moradores tendem a realizar alterações e adaptações na estrutura original. Essas intervenções podem acentuar problemas relacionados ao desempenho luminoso dos espaços internos.

Toledo e Cavalcante (2017) constataram a importância da consultoria ambiental ainda na fase de projeto, a fim de prever melhorias na captação da luz natural por meio de simulações computacionais. Nesse sentido, o auxílio de profissionais especializados (arquitetos e/ou engenheiros) pode orientar

intervenções mais acertadas, por meio de análises criteriosas da edificação. Todavia, conforme mostra pesquisa realizada pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU-BR), ainda há pouca adesão desses profissionais, seja por razões financeiras ou desconhecimento da população sobre os serviços por eles prestados (CAU-BR, 2015).

Segundo Vianna, Gonçalves e Moura (2011) os projetos residenciais desenvolvidos considerando a busca da luz natural chegam a alcançar a iluminância requisitada nos interiores de 80% a 90% das horas diurnas do ano, economizando consideráveis quantidades de energia elétrica. Ademais, Baker, Fanchiotti e Steemers (1993) relatam que a adequada distribuição da luminosidade, controle do ofuscamento e dos níveis de iluminância da luz natural apresenta benefícios psicológicos e fisiológicos para os usuários, contribuindo para o seu bem-estar e produtividade.

Entre os ambientes internos da residência, a sala de estar e cozinha possuem tarefas que exigem boa acuidade visual. A sala pode receber tarefas de leitura, necessitando de iluminação localizada em poltronas, sofás ou mesa de estudo; enquanto na cozinha é realizada a lavagem, preparação e cocção de alimentos (DANIELESKI *et al.*, 2019). Assim, a iluminação é uma importante aliada na execução dessas tarefas, devendo ser um dos elementos norteadores na concepção desses espaços.

É preciso salientar que a incidência de luz solar no interior das edificações deve ser regulada para proporcionar salubridade e conforto luminoso aos ambientes, pois o excesso de brilho da luz natural pode provocar ofuscamento e desconforto visual, enquanto sua escassez pode gerar consumo desnecessário de energia elétrica.

Diante desse contexto é importante verificar a qualidade das unidades habitacionais em relação à iluminação natural, visto seu potencial em minimizar o consumo de energia elétrica e demais benefícios à qualidade de vida dos usuários.

Para este estudo foi selecionado o conjunto residencial Jardim Royal, localizado no bairro Cidade Universitária na cidade de Maceió – AL. A escolha se deu devido à disponibilidade do projeto no sítio eletrônico da construtora responsável e percepção do pesquisador quanto à descaracterização em relação ao projeto original pouco tempo após a entrega aos moradores.

Quanto ao projeto arquitetônico das unidades habitacionais desse empreendimento, foi constatado que há uma segunda planta baixa com sugestão de ampliação para os futuros moradores. No entanto, a proposta possui como solução apenas a adição de um novo dormitório. Assim, a baixa flexibilidade do layout interno das residências colabora com o surgimento de alterações por parte dos moradores.

O interesse em tratar do tema surgiu após a experiência adquirida no Escritório de Habitação Social (Maloca), no *Campus Arapiraca* da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), durante a graduação; e posteriormente no Grupo de Estudos em Iluminação (GRILU), no *Campus A.C. Simões* da UFAL, durante o mestrado.

Assim, este trabalho pretende explorar os impactos das reformas autogeridas no desempenho luminoso de unidades habitacionais do conjunto residencial Jardim Royal. Espera-se com isso, verificar se o projeto original já apresenta um desempenho luminoso natural satisfatório e se houve algum prejuízo ou melhora após as modificações realizadas nesses espaços. Os resultados dessa análise podem contribuir para tomadas de decisões quanto ao uso da luz natural em projetos de conjuntos e unidades habitacionais com características semelhantes.

## 1.1 OBJETIVOS

Avaliar a influência de reformas autogeridas no desempenho da iluminação natural em unidades habitacionais de um conjunto residencial localizado em Maceió.

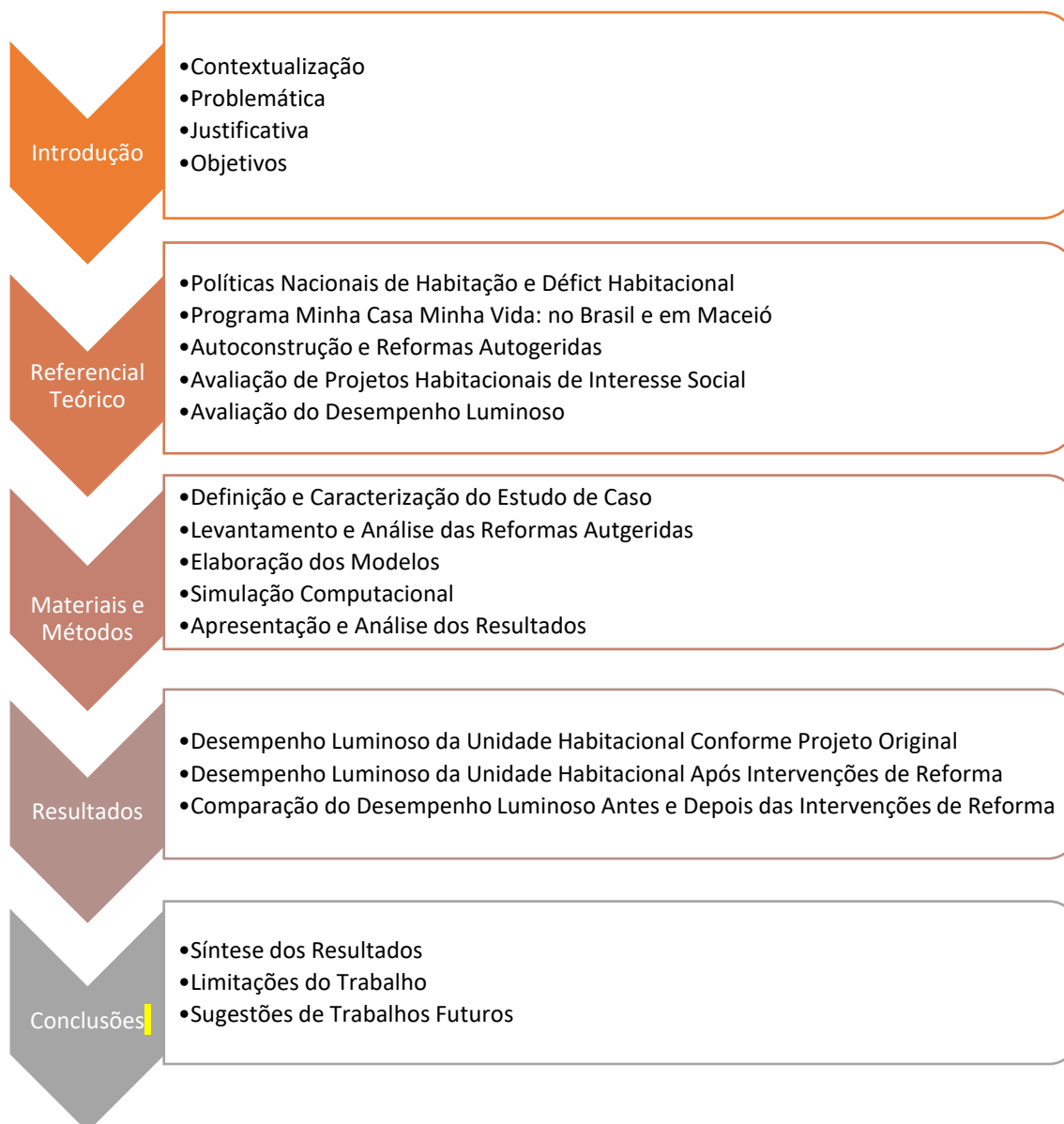
### 1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o desempenho da iluminação natural em espaços de permanência prolongada de unidade padrão de habitação de interesse social, conforme projeto original;
- b) Avaliar o desempenho da luz natural em modelos computacionais representando as unidades habitacionais com intervenções autogeridas;
- c) Comparar o desempenho luminoso das unidades habitacionais antes e depois das intervenções autogeridas.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é dividido em cinco seções, sistematizadas de acordo com os conteúdos na Figura 01.

**Figura 01** - Estrutura do trabalho e conteúdos abordados



Fonte: elaboração autoral.

A primeira seção consiste na introdução, na qual é apresentada a problemática da pesquisa. Discutem-se os impactos da padronização adotada em projetos habitacionais de interesse social e a importância de verificar a qualidade das unidades habitacionais em relação à iluminação natural. Além disso, são expostos os objetivos e a estrutura do trabalho.

A segunda seção é composta pelo referencial teórico acerca das temáticas da pesquisa, sendo elas: políticas nacionais relacionadas ao setor habitacional e déficit habitacional; Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil e em Maceió; autoconstrução e reformas autogeridas, cujos conceitos serão explicados mais adiante. Além disso, é feito um levantamento de estudos que avaliam projetos habitacionais de interesse social quanto ao conforto ambiental e ao desempenho luminoso; são apresentadas diretrizes de iluminação natural para residências com base em normas e regulamentos técnicos; e indicadores recomendados para projetistas na avaliação de desempenho luminoso.

A terceira seção apresenta os materiais e métodos utilizados, que incluem a definição e características do estudo de caso, correspondente ao Conjunto Residencial Jardim Royal e à unidade habitacional padrão; além das reformas autogeridas; elaboração dos modelos conforme projeto original e intervenções de reforma; e parâmetros adotados para as simulações.

A quarta seção compreende a discussão dos resultados obtidos nas simulações computacionais realizadas em modelos, representando a unidade habitacional, conforme projeto original e após reformas autogeridas. É realizada, ainda, uma comparação dos resultados entre os modelos avaliados.

A última seção abrange as principais conclusões da pesquisa, apresentando uma síntese dos resultados, limitações encontradas e sugestão de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico acerca das temáticas que embasam o presente trabalho. Inicialmente é levantado um breve histórico das políticas nacionais relacionadas ao setor habitacional, enfatizando os marcos regulatórios até o PMCMV. São levantadas informações a respeito do déficit habitacional no Brasil e analisados os reflexos do PMCMV em Maceió – AL, cidade onde está localizado o objeto de estudo.

Posteriormente são levantados conceitos e características relacionados à autoconstrução e reformas autogeridas, que consistem em modificações ou adaptações planejadas pelos próprios usuários das edificações. Além disso, são levantados estudos que avaliam o PMCMV em relação ao conforto ambiental e à iluminação natural.

Por fim, são apresentadas diretrizes de iluminação natural para habitação por meio da Norma Brasileira (NBR) 15575 (ABNT, 2013) e do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012), além de indicadores recomendados pela Lighting Measurements 83-12 (LM-83-12) (IES, 2012) para avaliação do desempenho luminoso.

### 2.1 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Segundo Abiko (1995), habitação, no seu sentido mais geral, é sinônimo de abrigo. Desde os primórdios da civilização o homem teve necessidade de se abrigar e utilizava como abrigo os espaços naturais. Enquanto que o termo Habitação de Interesse Social ou habitação social é utilizado por várias instituições e agências na área habitacional para envolver os programas para faixas de menor renda.

É importante salientar que o conceito de habitação não se restringe apenas à unidade habitacional, mas deve ser considerado de forma mais abrangente, necessariamente, envolvendo também o seu entorno. Pois, para que a habitação cumpra as suas funções, é necessário que além de conter um espaço confortável, seguro e salubre, esteja integrado de forma adequada ao entorno, ou seja, ao ambiente que a cerca (ABIKO, 1995).

A Constituição Federal (Brasil, 1988) passou a tratar a moradia como direito por meio do Art. 6º, atribuindo ao poder público a responsabilidade de encaminhar as soluções para os problemas habitacionais. Essas soluções são promovidas por

meio de políticas públicas, que abrangem um conjunto de ações do governo para produzir efeitos específicos (LYNN, 1980 apud SOUZA, 2006).

### 2.1.1 Políticas Habitacionais no Brasil

A política habitacional no Brasil se divide basicamente em sete grandes períodos, sobretudo no que se refere à moradia popular (TASCHNER, 1997), conforme Figura 02. Até 1889, a solução habitacional para a classe trabalhadora escrava era a senzala. No segundo período, de 1890 a 1929 — considerando o primeiro período industrial — surgem os cortiços e as vilas operárias.

**Figura 02 - Política habitacional no Brasil até 2002.**



Fonte: Taschner (1997), adaptado.

Durante o período de 1930 a 1945, o Brasil experimenta uma intensa urbanização e migração rural-urbana decorrente da expansão industrial. Nesta época iniciaram as primeiras intervenções públicas, através dos Institutos de Aposentadorias e Pensões (IAPs), direcionados à classe média.

Entre 1945 e 1964 a intervenção torna-se francamente estatal, através da Fundação da Casa Popular (FCP). Nesse período, a FCP produziu 18.132 unidades, em 143 conjuntos habitacionais, um número relativamente baixo se comparado aos IAPs, que construíram e/ou financiaram 124 mil unidades, entre 1937 e 1945 (TASCHNER, 1997). A FCP foi precursora do sistema financeiro que se seguiu, o Sistema Financeiro de Habitação (SFH). Datam desta época também os primeiros programas de remoção de favelas.



De 1965 a 1985, instala-se o regime militar no Brasil. O governo propôs a construção de habitação em massa por meio de conjuntos habitacionais, utilizando como base o BNH. Este encerrou as atividades em 1986 e suas atribuições foram repassadas à Caixa Econômica Federal (CEF), que inicia um período que vai até 1994, marcado, principalmente, pela atuação dos governos locais, estaduais e municipais, nos programas de habitação popular.

A atuação do BNH é caracterizada pelo afastamento e não atendimento às populações previstas, como também pela baixa qualidade dos produtos habitacionais oferecidos (TASCHNER, 1997). Segundo Bueno (2000), entre 1964 e 1985, o BNH financiou 3,2 milhões de unidades habitacionais para famílias de renda superior a cinco salários mínimos, contra 1,2 milhão de unidades para famílias com rendimentos de até cinco salários mínimos.

Nos anos 1990, nos governos Collor, Itamar Franco e Fernando Henrique Cardoso, o estado passa a ter um papel cada vez menor na realização de investimentos, reduzindo os gastos com as políticas sociais (BUENO, 2000).

No governo Collor o plano habitacional de maior alcance foi o Plano de Ação Imediata para Habitação (PAIH), apresentado como medida de caráter emergencial. O programa propunha como alvo financiar famílias com até cinco salários mínimos (TASCHNER, 1997) e possuía como meta construir 245 mil unidades até abril de 1992, chegando a entregar cerca de 220 mil unidades em 785 empreendimentos. Porém, irregularidades e problemas nos mecanismos de financiamento ocasionaram em um custo muito alto para a população de baixa renda, inviabilizando o acesso à moradia (BUENO, 2000).

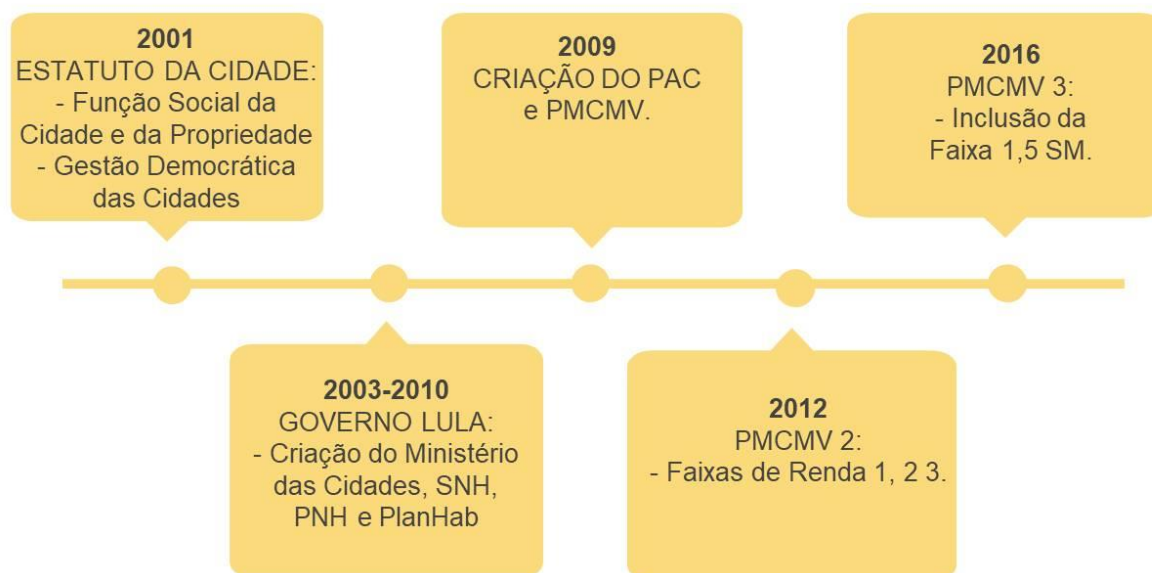
No governo Itamar Franco os programas “Habitar Brasil” e “Morar em Pequenas Comunidades” foram desenhados para urbanização de favelas e construção de habitações em regime de mutirão. A execução ficou a cargo dos governos estaduais e municipais, com recursos do Orçamento da União (BUENO, 2000).

Nota-se, na década de 1990, após a extinção do BNH, um esvaziamento das políticas públicas para habitação em nível nacional. As ações desenvolvidas neste período ficaram a cargo dos poderes públicos estaduais e municipais.

O último período delimitado por Taschner é marcado pela atuação do governo Fernando Henrique Cardoso, que tenta montar uma nova política de habitação popular, baseada em um novo sistema de captação de recursos, o Sistema

Financeiro Imobiliário (SFI). Após esse período, surgem novos marcos políticos que configuram a atual política habitacional no Brasil, conforme Figura 03.

**Figura 03** - Marcos da política habitacional no Brasil entre 2001 e 2016



Fonte: elaboração autoral.

Em 2001 foi promulgada a Lei 10.257, o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001). O Estatuto aponta princípios fundamentais para a função social da cidade e da propriedade, de modo a garantir o uso socialmente justo do espaço urbano; e a gestão democrática das cidades, de modo a garantir a participação da sociedade civil nas decisões de planejamento e gestão urbanas.

No governo Lula, com a criação do Ministério das Cidades, em 2003, a questão habitacional passa a ser competência da Secretaria Nacional da Habitação (SNH). Esta é responsável pela elaboração e pela condução da Política Nacional de Habitação (PNH), que tem como objetivo retomar o processo de planejamento do setor habitacional e garantir novas condições institucionais para universalizar o acesso à moradia digna para todo cidadão brasileiro (PRONI; FAUSTINO, 2016).

Segundo Proni e Faustino (2016), a SNH também é responsável pela execução do Plano Nacional de Habitação (PlanHab). Este foi divulgado em 2008, tendo como horizonte temporal o ano de 2023, e, oficialmente, passou a ser o principal instrumento de planejamento de longo prazo da política habitacional no âmbito federal. Como parte do processo de implantação da PNH, o governo federal aprovou a Lei nº 11.124, em junho de 2005, que “dispõe sobre o Sistema Nacional

de Habitação de Interesse Social (SNHIS) e cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) e institui o Conselho Gestor do FNHIS” (BRASIL, 2005).

O momento de elaboração e divulgação do PlanHab coincide com a proposta e a implantação de dois importantes programas vinculados à questão urbana: o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o PMCMV. É importante ressaltar que isso causou uma inflexão na trajetória de planejamento e regulação das políticas habitacionais por parte do governo federal. De forma que

O caráter anticíclico do PMCMV sobrepôs-se à sua face de política habitacional. Como destaca Fix (2011), o programa acabou por colocar-se à frente do PlanHab, que fora objeto de grande debate e propunha uma política habitacional de longo prazo e com menor influência do mercado privado. A autora enfatiza que o MCMV foi elaborado sob coordenação da Casa Civil da Presidência da República (PR), do Ministério da Fazenda (MF) e dos representantes do setor da construção civil, enquanto o Ministério das Cidades e o Conselho das Cidades não foram consultados durante a formulação do programa (PRONI; FAUSTINO, 2016).

Segundo Cunha *et al.* (2017), a política habitacional brasileira possuía, na década de 1990, um viés político. Entretanto, diante do cenário de instabilidade econômica no início do século XXI, o quadro da HIS no Brasil foi ganhando ares mercadológicos que culminaram no PMCMV.

### **2.1.2 Déficit Habitacional**

Desde a publicação da PNH, em 2004, o diagnóstico da questão habitacional centrou-se em estudos realizados pela Fundação João Pinheiro (FJP)<sup>1</sup>. A metodologia adotada aplica dois conceitos para totalizar as necessidades habitacionais: o déficit habitacional e a inadequação de moradias. O papel desses indicadores é dimensionar a quantidade de moradias incapazes de atender o direito de acesso, por parte da população, a um conjunto de serviços habitacionais que sejam, pelo menos, básicos (JFP, 2021).

O déficit habitacional possui uma noção mais imediata e intuitiva de necessidade de substituição de moradias para a solução de problemas sociais e específicos da habitação detectados em certo momento (JFP, 2021). Este indicador

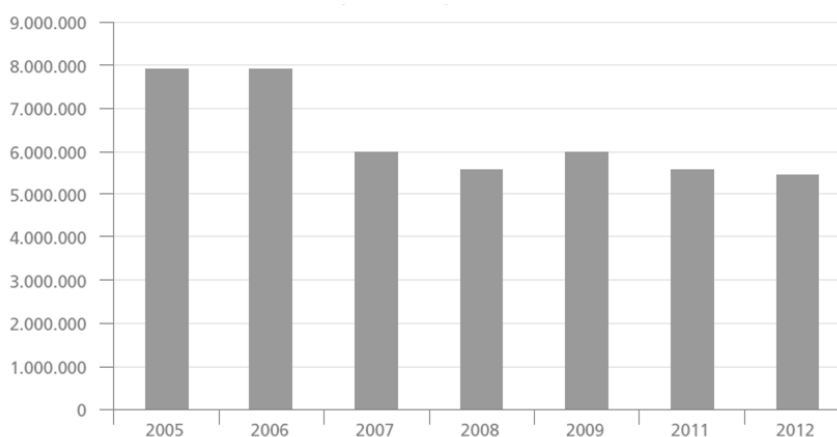
---

<sup>1</sup> Criada em 1969, a Fundação João Pinheiro é uma instituição de pesquisa e ensino vinculada à Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais e apresenta como característica a contínua inovação na produção de estatísticas e na criação de indicadores econômicos, financeiros, demográficos e sociais (FJP, 2021).

contribuiu para que a recente política habitacional tenha se fixado em garantir fontes de financiamento e construir um número elevado de moradias (PRONI; FAUSTINO, 2016).

O Gráfico 01 mostra a evolução do déficit habitacional no Brasil no período 2005 a 2012. Estima-se a carência de aproximadamente 5,4 milhões de domicílios em 2012, o que correspondia a 8,5% do total de domicílios no país. A maior parte (85%) do déficit localizava-se em áreas urbanas; nas regiões metropolitanas (RMs) o déficit alcançava quase 1,5 milhão de domicílios.

**Gráfico 01 - Déficit habitacional no Brasil (2005-2012)**



Fonte: Proni e Faustino (2016), adaptado de FJP (2015).

Entre 2007 e 2012 houve uma queda de 10% do déficit habitacional. Entretanto, a interpretação do indicador deve ser feita com cautela, uma vez que as variações não são explicadas apenas pelos programas habitacionais executados (PRONI; FAUSTINO, 2016). Pois, existem outros componentes que devem ser analisados:

O número de habitações precárias e de domicílios com coabitação familiar reduziu-se entre 2007 e 2012. Contudo, houve expressiva elevação do componente “ônus excessivo com aluguel”. Por um lado, os programas de urbanização de assentamentos precários e a construção de unidades habitacionais por meio do PMCMV, em um período de aumento da renda domiciliar per capita, contribuíram para diminuir a precariedade habitacional. Por outro, a retomada do financiamento habitacional e os significativos subsídios aplicados no PMCMV, sem a devida preocupação com a questão fundiária, contribuíram para aumentar o preço dos terrenos e dos imóveis, o que fez aumentar o preço dos aluguéis. Desta forma, o PMCMV ajudou na redução de parcela do déficit habitacional, por meio da

construção de novas unidades, mas não foram tomadas medidas para evitar que parte maior da população passasse a comprometer parcela significativa da renda com o aluguel (PRONI; FAUSTINO, 2016).

Até 2015 a FJP publicava os dados do déficit habitacional anualmente. Posteriormente, foi adotada uma nova metodologia de cálculo, que passa a ser estimada por meio dos dados disponíveis da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PnadC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico), do Ministério da Cidadania (FJP, 2021). A informação mais recente da Fundação mostra o déficit habitacional de 5.876.699 habitações, em 2019.

Por outro lado, a inadequação de moradias, que leva em consideração apenas domicílios particulares permanentes urbanos, reflete problemas na qualidade de vida dos moradores e não estão relacionados ao dimensionamento do estoque de habitações e sim a suas especificidades internas. Esse indicador abrange domicílios com carência de infraestrutura urbana (comprometimento da energia elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo), carências edilícias (inexistência de banheiro exclusivo, número de cômodos insuficiente, armazenamento de água inadequado, piso e cobertura inadequados), ou inadequação fundiária. Somando esses componentes, a inadequação de domicílios chegou a 24.893.961 de unidades em 2019, segundo dados da FJP (2021).

Os dados fornecidos pela Fundação mostram que os valores quantitativo e qualitativo ainda são altos e força grande parte da população a construir ou reformar suas casas por conta própria sem respeitar as normas fundiárias e urbanísticas. Embora o direito à moradia esteja previsto no Art. 6º da Constituição Federal, a persistência de um déficit habitacional superior a cinco milhões de domicílios mostra que este direito social ainda está longe de ser efetivo para todos os brasileiros (ALAGOAS, 2015). Notamos que o PMCMV tem causado impactos, tanto positivos quanto negativos, no panorama nacional, devido à má qualidade das unidades habitacionais e do processo como um todo, que envolve diversas naturezas. No entanto, o aprimoramento dos mecanismos e a continuidade das ações tornam-se fundamentais para, em um horizonte de longo prazo, reduzir, de fato, o déficit habitacional brasileiro.

### **2.1.3 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)**

O PMCMV foi lançado em 2009 pelo Governo Federal através da Medida Provisória 459, que posteriormente foi aprovada como Lei nº 11.977/2009 (BRASIL, 2009). O programa foi elaborado em meio ao enfrentamento da crise econômico-financeira mundial de 2008, desencadeada pelos problemas no sistema de hipotecas americano (MELO, 2019).

O programa tem como objetivo elaborar uma estratégia de incentivo à produção e à aquisição de novas unidades habitacionais pelas famílias com renda de até dez salários mínimos, sendo que o valor do imóvel varia de acordo com o porte do município (KOWALTOWSKI, 2015).

O PMCMV foi dividido conforme a faixa de renda dos beneficiários, com diferentes níveis de subsídio. A segunda versão do programa (PMCMV 2), lançada em 2011, define que se enquadram na Faixa 1, beneficiários com renda familiar mensal de até 3 Salários Mínimos (SM), equivalente, até então, a R\$ 1.600,00; a Faixa 2 contempla famílias com renda entre 3 e 6 SM (R\$ 1.601,00 até R\$ 3.275,00); e a Faixa 3 destina-se a famílias com rendimentos de 6 a 10 SM (R\$ 3.276,00 até R\$ 5.400,00) (PRONI; FAUSTINO, 2016).

O PMCMV tem sido, desde então, considerado responsável pela maior parte da provisão habitacional de interesse social no Brasil. Os principais benefícios do programa, citados por Kowaltowski (2015), são a criação de empregos e de investimentos no setor da construção. Além disso, possibilitou a conquista da propriedade e acesso à moradia para quem não teria meios.

O PMCMV teve como meta física inicial a construção de um milhão de moradias, sendo que 400 mil (40%) seriam para a Faixa 1, 400 mil (40%) para a Faixa 2 e 200 mil (20%) para a Faixa 3. A partir de 2012 foi lançado o Programa Minha Casa Minha Vida 2, com a meta de construção de 2 milhões de casas, sendo 1,2 milhão para a faixa 1 (60%), 600 mil para a faixa 2 (30%) e 200 mil para a faixa 3 (10%). Em março de 2016, foi lançada a terceira edição, com a meta de construção de 3 milhões de casas até 2018 e com a inclusão da Faixa 1,5 (MELO, 2019).

Segundo Proni e Faustino (2016), para as empresas da construção civil, o segmento mais interessante do programa está na Faixa 2, que contempla famílias que não tem acesso ao mercado de financiamento imobiliário e que formaram uma importante demanda por imóveis, capaz de gerar lucros às empresas da área. Vale destacar que essa é a faixa em que está inserido o objeto de estudo deste trabalho.

Em relação aos resultados obtidos, segundo dados do Ministério das Cidades, até abril de 2016 foram contratadas 4.219.366 (quatro milhões, duzentos e dezenove mil, trezentas e sessenta e seis) unidades habitacionais, sendo que 2.632.953 (dois milhões, seiscentos e trinta e dois mil, novecentos e cinquenta e três) unidades foram entregues (MELO, 2019).

Cabe salientar que os empreendimentos desenvolvidos por meio de programas habitacionais, embora sejam alternativas adotadas pelo governo para redução do déficit habitacional, não ajudaram a suprir este indicador, como mostram os dados da FJP (ver tópico **2.1.2**). Além disso, os projetos residenciais desenvolvidos em massa adotam, majoritariamente, uma única tipologia padrão, com dimensionamento, por vezes, insuficiente para os múltiplos perfis familiares. A lotação média adotada dificilmente suporta a quantidade de moradores, que varia de família para família.

#### **2.1.4 Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió**

Para Alagoas, os programas e projetos de habitação social têm importância vital, visto que o Estado tem apresentado os piores indicadores sociais entre os estados brasileiros, segundo dados do IBGE. Estes indicadores se destacam não só em termos sociais, mas também de infraestrutura e serviços.

No campo habitacional, Alagoas tem recebido importantes investimentos por meio do PMCMV. Estas ações têm sido desenvolvidas, principalmente, nas maiores cidades do Estado, visto que nelas as necessidades são mais evidentes. Dentre elas, destaca-se a cidade de Maceió, capital do estado, onde o PMCMV tem atuado de forma maciça.

Até agosto de 2015, o programa contribuiu com a contratação de 38.922 unidades habitacionais. Segundo dados do Ministério das Cidades, 31% dessas unidades são destinadas à Faixa 1, 54% produzidas para a Faixa 2 e 15% para a Faixa 3 (MELO, 2019). A construção desses empreendimentos ocorre, sobretudo, em áreas periféricas, onde há disponibilidade de grandes glebas de baixo custo (CAVALCANTI *et al.*, 2015).

Segundo levantamento realizado por Sá (2019), a maior concentração dos projetos de conjuntos habitacionais ocorre, sobretudo, em áreas classificadas como Zonas de Expansão (ZEs), de acordo com o atual zoneamento urbano instituído pelo Código de Urbanismo e Edificações (MACEIÓ, 2007). Dos sessenta e quatro

empreendimentos construídos em Maceió até então, 39 (60%) estão localizados em ZEs, 21 (34,3%) em Zonas Residenciais (ZRs) e 3 (5,7%) em Zona Residencial Agrícola (ZRAs). As zonas de expansão ZE1 e ZE2 são as áreas da cidade com potencial para crescimento urbano onde houve a maior ocorrência de projetos do programa, sobretudo da Faixa 2, seguidas da ZR 3 (Figura 04).

Dos 39 empreendimentos construídos nas ZEs, 11 são horizontais (moradias térreas) e 28 verticais. Os onze empreendimentos horizontais estão localizados na ZE1 (nos bairros Cidade Universitária e Benedito Bentes) e compreendem projetos com grandes áreas, que chegam a ocupar cerca de 120 ha, como é o caso dos conjuntos Jardim Royal (objeto de estudo do trabalho) e Novo Jardim, no bairro Cidade Universitária (SÁ, 2019).

A segunda maior ocorrência dos projetos do programa está nas Zonas Residenciais. Dos 64 projetos, 24 (37,5%) estão localizados nas ZR 1, ZR 2, ZR 3, ZR 6, ZR 7 e ZR 9, e destes, quase metade (10 projetos) localizados na ZR3, que ocupa cerca de um terço da área do bairro Benedito Bentes. A localização de conjuntos habitacionais em áreas mais afastadas do Núcleo Central, e neste caso, mencionando o bairro Benedito Bentes, fez com que houvesse uma ampliação da ocupação de áreas urbanas periféricas carentes de infraestrutura, transportes e segurança (SÁ, 2019).





## 2.2 AUTOCONSTRUÇÃO E REFORMAS AUTOGERIDAS

No contexto atual, a autoconstrução aparece como única solução viável para a população sem condições financeiras e materiais de acessar a habitação por meio do mercado. Assim, as habitações autoconstruídas tendem a ser mais baratas do que as fornecidas pelo Estado devido à diminuição de agentes intermediários e da redução dos custos em relação à mão de obra (FERREIRA, 2019). Além disso, o Estado não produz moradias o suficiente para toda a população.

Segundo Bonduki (1994), a casa autoconstruída é edificada sob a gerência direta do seu proprietário e morador. Este é responsável por adquirir ou ocupar o terreno e traçar, sem apoio técnico, um esquema de construção, além de viabilizar a obtenção de materiais e administrar a mão de obra informalmente. O termo "autoconstrução" pode ainda assumir distintas conotações:

Tem sido utilizado para caracterizar tanto esforços individuais como coletivos (mutirão); possui relação com o processo de construção da habitação de forma progressiva, em etapas, de forma incremental; está associado a um processo de construção que ocorre espontaneamente na maior parte do mundo; e, finalmente o termo é amplamente usado de forma normativa, empregado para prescrever um conjunto de políticas habitacionais pelas agências internacionais, governos centrais e demais órgãos de formulação de políticas (FERREIRA, 2019).

Segundo Cardoso e Aragão (2013), a autoconstrução (ou autogestão individual<sup>2</sup>) apresenta-se como uma forma de produção da moradia paralela a outras, como a forma empresarial, autogestão coletiva e a promoção pública. De forma que a autoconstrução envolve os processos em que os usuários são os promotores do empreendimento, definem o projeto e controlam diretamente o processo de produção da moradia, envolvendo mão de obra própria ou subcontratada. A autoconstrução é, para muitas pessoas, a única possibilidade para ter acesso à moradia (ALAGOAS, 2015).

Quando há atendimento à legislação do parcelamento de terras, uso e ocupação do solo, a construção se caracteriza como modalidade de provisão formal que pode ser privada, pública ou por meio de cooperativas/mutirão. A provisão privada é constituída pela construção individual, empreendimentos por incorporadoras ou construtoras. Na provisão pública, o Estado subsidia as famílias

---

<sup>2</sup> A autogestão na promoção da habitação significa que a administração do projeto e da execução está a cargo dos beneficiários e dos seus representantes (NYCOLAAS, 2017).

sem recursos para acesso ao mercado privado formal de habitação. Na provisão informal as construções não atendem às legislações. Em geral, a provisão desses imóveis é sem licença e alvará. No entanto, quando há participação do Estado, ainda que parcial, torna-se um modelo de provisão pública indireta (ALAGOAS, 2015).

É possível constatar que atualmente a autoconstrução está consolidada. Isso é justificado por motivos como: abastecimento do mercado varejista de materiais de construção; estímulo e apoio da família e amigos; convivência da prefeitura; desrespeito aos recuos e gabaritos; pouco endividamento e burocracia (BALTHAZAR, 2012).

### **2.2.1 Reformas Autogeridas**

A autogestão se reflete também nas adaptações ou reformas de unidades habitacionais disponibilizadas por meio de programas habitacionais como o PMCMV. Os moradores, após ocuparem os recintos, procuram adequá-los de acordo com suas necessidades específicas. Isso é resultado da adoção de padrões construtivos que não levam em consideração as especificidades e aspectos socioculturais das famílias. Devido à produção em grande escala, os empreendimentos adotam soluções simplificadas, em busca da redução de custos. Além disso, as plantas repetitivas e pouco flexíveis não se adaptam às características climáticas dos locais, e quando produzido por grandes empresas regionais, um mesmo modelo residencial é construído em estados brasileiros de características físico-territoriais diferentes (MELO, 2017).

As modificações evidenciam a falta de sintonia entre o projeto arquitetônico original e as necessidades de seus usuários. O problema constatado é que na maioria dos casos as modificações impactam negativamente as habitações, em especial o conforto ambiental resultante (MARROQUIM, 2007).

Reis (1995), apud Brandão e Heineck (2003), levantou as razões que levam o usuário a promover alterações em sua habitação, sendo forte a ligação com fatores simbólicos e estéticos. Estas alterações estão ligadas a aspectos: (a) funcionais; (b) tamanho da moradia como um todo; (c) privacidade visual e auditiva; (d) questões estéticas; (e) personalização e definição do território; (f) alterações no tamanho da família, nível econômico e educacional; (g) de outra natureza, por exemplo, a

necessidade de criar um abrigo para o carro ou ligados ao lazer, como a construção de uma churrasqueira. Outras considerações são feitas pelo autor:

(a) as alterações promovidas na habitação pelo morador podem ou não aumentar a sua satisfação com a moradia; (b) o espaço físico deveria acomodar mudanças sociais durante largos períodos sem grandes mudanças físicas; (c) se o morador está fazendo alterações significa que o projeto habitacional não está satisfazendo as necessidades do usuário; (d) forçar os usuários a realizar alterações é tão ruim quanto (ou pior do que) não poder fazer alterações; (e) o fato de muitos moradores realizarem alterações nas suas moradias não significa necessariamente que eles desejem fazê-las; e, ainda, (f) uma vez que as paredes internas estão nos seus lugares, muito pouco rearranjo dos espaços ocorre, seja pelos primeiros ou subsequentes moradores. (REIS, 1995 apud BRANDÃO; HEINECK, 2003, p. 6-7).

Ademais, num levantamento bibliográfico acerca da Avaliação Pós-Ocupação (APO) aplicada em conjuntos habitacionais, Costa (2017) concluiu que a principal modificação realizada após a entrega do empreendimento é a construção do muro, justificada pela busca de privacidade e segurança. Além disso, os projetos, geralmente padronizados e replicados, podem não atender às necessidades do usuário, e o recurso do muro pode “esconder” as modificações realizadas. Outras modificações comumente realizadas pelos moradores dizem respeito à ampliação de cômodos e criação de novos ambientes.

Amorim *et al.* (2013), ao realizar a análise técnica e funcional do Conjunto Habitacional Vila 25, localizado em Curitiba, Paraná, buscou identificar e diagnosticar as principais modificações e ampliações realizadas nas habitações do conjunto. Dessa forma, destacou a necessidade de um acompanhamento técnico nas reformas de HIS, com o intuito de possibilitar que as intervenções realizadas sejam feitas de forma mais adequada, visando minimizar a geração de patologias, desperdícios de materiais e custos extras.

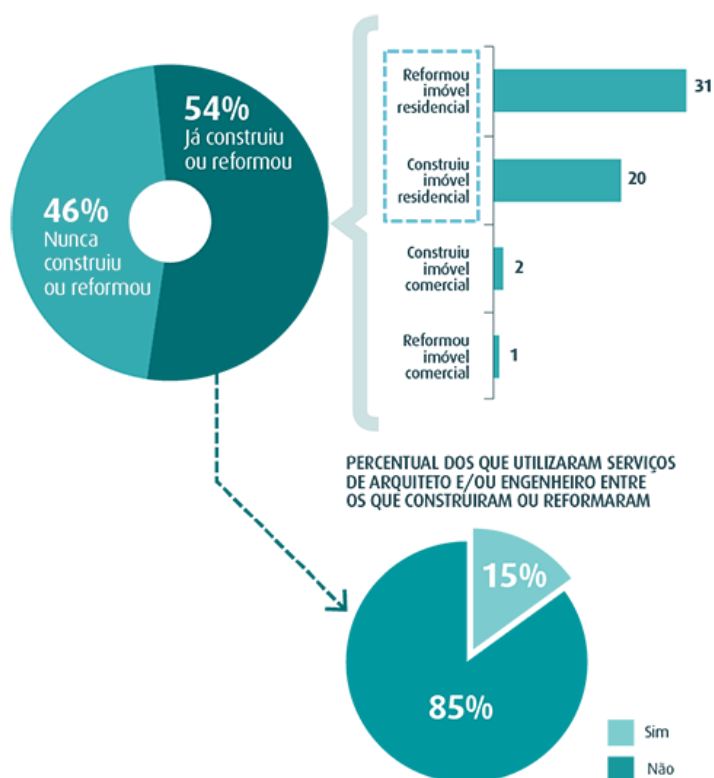
Marroquim (2007) analisou a flexibilidade, o dimensionamento e a funcionalidade espacial de unidades residenciais modificadas do Conjunto Habitacional Osman Loureiro, em Maceió – AL, em relação ao seu projeto original. Os resultados mostraram a ocorrência de desperdícios dimensionais nas modificações das moradias analisadas, devido, primeiramente, à inadequação do projeto original, que impõe alterações já nos primeiros anos de ocupação para garantir um nível mínimo de habitabilidade, e segundo, devido à falta de um

profissional qualificado para auxílio das reformas e/ou ampliações da casa, resultando em modificações ineficientes e geralmente dispendiosas.

A respeito da participação de profissionais na construção civil, o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU-BR), em parceria com o Datafolha, concluiu que 54% da população economicamente ativa no Brasil já construiu ou reformou imóvel residencial ou comercial. Desse grupo, 85,40% fizeram o serviço por conta própria ou com pedreiros e mestres de obras, amigos e parentes (Figura 05). Apenas 14,60% contrataram arquitetos ou engenheiros. A pesquisa abordou 2.419 (duas mil, quatrocentos e dezenove) pessoas e enfatiza a baixa procura por apoio técnico referente à construção e reforma no país (CAU-BR, 2015).

A Lei Federal de n.º 11.888/2008 assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto de reforma e construção de habitação de interesse social. Essa assistência, oferecida pelos órgãos públicos, fica a cargo de profissionais nas áreas de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo, cujo trabalho abrange a execução do projeto, acompanhamento e execução da obra (BRASIL, 2008).

**Figura 05** - Participação de arquitetos e/ou engenheiros na construção civil no Brasil



Fonte: CAU-BR (2015).

Apesar do direito à assistência técnica ser assegurado por lei, poucas tem sido as iniciativas para execução da mesma. Ademais, a alta demanda inviabiliza a fiscalização por parte dos órgãos públicos, que não possuem o número de profissionais necessários ou não utiliza outras formas de fiscalização. Isso ocorre devido à falta de estratégia de viabilidade financeira para fontes de recursos regulares para este fim, além da necessidade de regulamentação no município. Com isso, persistem as alterações e adaptações realizadas pelos próprios moradores, principalmente nos empreendimentos de interesse social.

É preciso salientar que as modificações realizadas sem o suporte técnico de profissionais especializados podem acentuar possíveis problemas existentes no projeto original, ou ainda gerar novas implicações no que diz respeito ao dimensionamento, funcionalidade ou conforto ambiental das unidades habitacionais.

Através de um estudo sobre a provisão habitacional por meio da autoconstrução, Balthazar (2012) concluiu que nessa modalidade a ausência de planejamento acontece devido à urgência do início da obra e do desconhecimento da contribuição desta etapa para o processo de empreendimento da moradia. O autor destaca ainda que a ausência de projeto resulta no baixo desempenho da habitação no que diz respeito ao conforto térmico e luminoso, na necessidade de ajustes no programa durante a obra, em imprevistos e incompatibilidades técnicas, entre outros.

### 2.3 AVALIAÇÃO DE PROJETOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL

Devido à relevância política, urbanística, econômica e social do PMCMV, observa-se um grande número de produções científicas elaboradas no Brasil tendo ele como temática (KOWALTOWSKI, 2015). Apesar das contribuições oferecidas pelo programa, um número expressivo de publicações acadêmicas têm feito uma série de críticas ao mesmo.

Em doze anos de implantação o PMCMV foi avaliado de diferentes formas, tanto em seus potenciais benefícios quanto em suas limitações. Cardoso e Aragão (2013) abordaram a falta de controle do poder público municipal sobre a implantação dos empreendimentos habitacionais, que ao focar em resultados quantitativos, gerou uma reprodução de soluções tradicionais, caracterizadas pela padronização e pelas negligências nos aspectos qualitativos. Dentre as limitações destacadas pelos

autores estão os problemas relacionados à localização, grande escala e baixa qualidade arquitetônica dos empreendimentos.

De acordo com Melo (2019) os empreendimentos habitacionais financiados pelo PMCMV, avaliados até o momento, apresentam, em geral, baixa qualidade arquitetônica e urbanística: repetição de projetos, plantas incompatíveis com a diversidade das composições familiares, grande quantidade de unidades habitacionais por empreendimento e materiais com pouca durabilidade (MELO, 2019).

### **2.3.1 Avaliação de Projetos Habitacionais Quanto ao Conforto Ambiental**

Em levantamento bibliográfico acerca das pesquisas relacionadas ao PMCMV e conforto ambiental, no período de 2010 a 2014, Kowaltowski (2015) aponta que após a implantação do programa houve um crescimento no número de publicações de avaliações. Mas, em relação ao conforto ambiental há uma pequena fração, em torno de 8%, até então. Esses estudos se concentram em aspectos como eficiência energética, sustentabilidade ambiental e o desempenho das moradias, medidos de acordo com a norma de desempenho. O estudo demonstra que há lacunas nas pesquisas e novas abordagens devem ser feitas, procurando atender a critérios específicos.

Segundo Kowaltowski (2015), o conforto ambiental, nos seus aspectos térmicos, acústicos, de iluminação e funcionalidade, deve fazer parte das pesquisas sobre um programa habitacional social da dimensão do PMCMV, para promover conhecimento sobre o desempenho das moradias e qualidade de vida dos seus moradores. Vislumbra-se ainda que esse conhecimento deva refletir no aprimoramento dos projetos do PMCMV, com impactos positivos sobre as condições de vida da população.

Amore, Shimbo e Rufino (2015) fizeram uma análise crítica sob diferentes aspectos do PMCMV. As pesquisas abordam a produção habitacional de seis estados das regiões Norte, Nordeste e Sudeste (Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo). A obra avalia o programa através de dados quantitativos e qualitativos em diversos aspectos da produção gerada pelo mesmo. Dentre as principais conclusões dos autores, destacam-se a desconsideração pelas especificidades locais, pouca flexibilidade do projeto padrão, patologias precoces, entre outras. Algumas experiências relatadas por Amore,

Shimbo e Rufino (2015), demonstraram a negligência em relação à implantação das edificações, que não levam em conta a orientação, provocando uma elevada exposição solar nos ambientes de maior permanência.

As problemáticas levantadas não são diferentes no Estado de Alagoas. Numa análise dos arranjos construtivos urbanos e unidades habitacionais de conjuntos localizados na cidade de Maceió – AL, Marroquim *et al.* (2016) mostraram que a falta de estudos básicos projetuais que permitiriam a adequada disposição de lotes e ruas favoráveis quanto à orientação dos ventos e insolação não foi prioridade, de forma que a preocupação projetual mais recorrente foi a de inserir o máximo possível de lotes no terreno disponível. Os autores constataram que independentemente do agente promotor das moradias, estas carecem, em menor ou maior escala, de revisões projetuais que possam promover melhorias dimensionais e de inserção urbana dos conjuntos, tendo em vista o atendimento às necessidades dos moradores e, até mesmo, a satisfação destes, no contexto da qualidade de vida urbana.

### **2.3.2 Avaliação de Projetos Habitacionais Quanto à Iluminação Natural**

A respeito dos trabalhos sobre iluminação natural no setor residencial, Passos, Lamenha e Cabús (2014) realizaram um estudo em ambientes de permanência prolongada de edifícios populares na cidade de Maceió – AL. Após simulações, foram analisados os valores de iluminância interna em conjunto com a verificação de pré-requisito e bonificação propostos pelo RTQ-R para iluminação natural (INMETRO, 2012). Foram analisados aspectos como área das aberturas, refletâncias internas e orientações. As simulações mostraram que os valores de iluminância, apesar de ligeiramente maiores com o aumento das aberturas, permaneceram na mesma faixa de ocorrência; as mudanças na orientação não representam diferenças significativas nos valores de iluminância; e a mudança de cores diminuiu as iluminâncias dos ambientes, mas os valores continuaram dentro dos limites desejados.

Nascimento e Batista (2016) executaram simulações computacionais em ambientes residências na cidade de Maceió, a fim de avaliar o desempenho luminoso conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013) e a métrica IULN – Iluminância Útil de Iluminação Natural (NABIL E MARDALJEVIC, 2005), associada aos itens do RTQ-R (INMETRO, 2012). Os resultados mostraram diferentes níveis de



desempenho: com a aplicação da norma, a classificação superior foi obtida em todas as orientações, e pela métrica IULN a classificação intermediária foi obtida. Segundo as autoras, os dados apontam que os critérios de análise propostos pela norma são generalistas e pouco precisos, e que os resultados obtidos pelos dois métodos apresentam informações diferentes.

Toledo e Cavalcante (2017) analisaram o desempenho da luz natural em ambientes de cozinha e de área de serviço, com base na NBR 15575 (ABNT, 2013), buscando verificar a influência dos sistemas de aberturas na qualidade da iluminação dos ambientes internos. Os autores observaram a importância de consultoria ambiental ainda na fase de projeto, a fim de prever melhorias na captação da luz natural por meio de simulações computacionais.

Quirino *et al.* (2017) avaliaram o desempenho da iluminação natural em uma unidade padrão de HIS, locada em sete cidades brasileiras (espaçadas em intervalos de 5° de latitude). A partir dos resultados obtidos os autores concluíram que o sistema de abertura analisado é adequado à iluminação natural das duas tipologias estudadas. Nelas, o desempenho luminoso foi satisfatório em todas as cidades simuladas. Todavia, em Belém, Natal, Vitória e Cuiabá o desempenho foi melhor. Isso indica que em relação às localidades analisadas, a latitude é um fator de impacto nas iluminâncias. Nas cidades de latitude maior (Curitiba e Porto Alegre), os níveis de iluminação foram mais reduzidos. Nas demais cidades o excesso de iluminação é mais presente.

Danieleski *et al.* (2019) avaliaram o desempenho da luz natural em diferentes configurações espaciais de ambientes de cozinha e de área de serviço de residências multifamiliares na cidade de Porto Alegre/RS. Após as simulações computacionais realizadas, os ambientes analisados com base na NBR 15575 (ABNT, 2013) apresentaram maiores índices de iluminâncias quando possuíam menor profundidade, no caso de iluminação direta. Nas cozinhas iluminadas indiretamente, a proporção dos ambientes pouco interferiu nos resultados obtidos.

Rodrigues (2019) analisou o desempenho luminoso em unidades habitacionais unifamiliares térreas, localizadas na cidade de Governador Valadares/MG, a partir das características das esquadrias adotadas para esse tipo de empreendimento. A metodologia utilizada levou em conta dormitórios de três residências. A redução da luminosidade do ambiente construído diante das construções dos muros de divisa pós-ocupação também foi considerada. Os

resultados obtidos mostraram que mais de 50% dos níveis mínimos de iluminância natural não foram alcançados para as dependências avaliadas em função do tipo de janela instalada nas unidades habitacionais. Por outro lado, evidenciou-se que a construção dos muros de divisas pelos proprietários não ocasionou interferências significativas nos níveis de iluminação dos ambientes analisados. Mediante os dados levantados, novas necessidades de melhorias foram identificadas e propostas para esse modelo de habitação no que se refere à admissão da luz natural.

Techio *et al.* (2019) buscaram avaliar o desempenho da iluminação natural em unidades habitacionais do Conjunto Residencial Videiras, localizado em Santa Maria, RS, com objetivo de propor melhorias para o empreendimento e definir diretrizes que possam retroalimentar o processo de construção civil de HIS. Os dados coletados nos questionários e fichas técnicas mostrou o elevado nível de satisfação dos usuários com a luz natural de suas unidades habitacionais. Porém, houve resultados significativos de insatisfação relacionados a características físicas específicas, que sugerem possibilidades de repensar alguns elementos projetuais, de modo a oferecer melhorias de conforto visual das unidades. Dentre as características com maior influência, destacam-se a necessidade de se considerar a multifuncionalidade dos ambientes residenciais, uma vez que se observou a ocorrência de atividades especiais, que exigem elevados níveis de iluminação nos ambientes principais das unidades. A falta ou excesso de iluminação, dependendo do pavimento da unidade habitacional, mostraram-se como pontos a serem estudados com maior aprofundamento para a melhoria do conforto visual. Além disso, considerando-se os espaços exíguos dos ambientes de estudo, as tonalidades das superfícies internas tiveram grande influência nos níveis de satisfação, apontando para a importância da correta escolha de tonalidades das superfícies e esclarecimento destes fatores para os usuários, a fim de manter tais características no decorrer do uso e manutenção das unidades.

Observa-se que nos estudos analisados há uma preocupação em avaliar a iluminação natural em projetos provenientes de interesse social sob diferentes aspectos, como a influência das aberturas, localização, orientação, refletâncias das superfícies, entre outros. Além disso, são usados como parâmetros a NBR 15575 (ABNT, 2013), o RTQ-R (INMETRO, 2012) e métricas de desempenho, como a IULN, variando de acordo com a avaliação.

Outro ponto importante é que são poucas as pesquisas que avaliam os impactos de modificações e adaptações de uso nas unidades habitacionais realizadas pelos usuários, em relação ao desempenho luminoso. Dentre os estudos levantados acima, apenas Rodrigues (2019) analisa os efeitos das modificações realizadas na fase de pós-ocupação. Ademais, questões subjetivas como o fechamento de janelas com cortinas para oferecer privacidade, comum em apartamentos e casas sem muros, não foram considerados nessas avaliações.

## 2.4 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO

Atividades diferentes requerem diferentes níveis de iluminação para que o desenvolvimento das tarefas visuais ocorra de maneira adequada (KEELER; BURKE, 2010). Ademais, a disposição dos ambientes, localização e dimensão das aberturas e refletância internas (parede, piso e teto) interferem na qualidade e comportamento da iluminação natural dos ambientes internos (AMORIM *et al.*, 2011).

Segundo Vianna e Romero (2002), são as exigências humanas e funcionais que determinam os critérios de desempenho em si, tanto para os locais da habitação, quanto para outros tipos de ambientes e projetos. Dentre os critérios adotados para iluminação natural de ambientes como sala e cozinha (foco do trabalho), as funções que exigem maior acuidade visual (leitura e escrita na sala e preparação de alimentos na cozinha) exigem uma maior iluminância no plano de trabalho e não incidência de sol direto.

### 2.4.1 Diretrizes de Iluminação Natural para Residências

No Brasil, há diversas normas e regulamentos referentes ao uso da iluminação natural em ambientes residenciais. Essas normativas tem o objetivo de auxiliar os projetistas a tomarem decisões durante a concepção arquitetônica. Dentre as principais normas relacionadas à iluminação natural destaca-se 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. Quanto aos regulamentos técnicos, destaca-se o RTQ-R (INMETRO, 2012). É preciso salientar que ambas as normas estão em fase de revisão. Além disso, o RTQ-R será substituído pela Instrução Normativa Inmetro para Classificação de Eficiência

Energética de Edificações Residenciais (INI-R) (INMETRO, 2021), que se encontra em fase de consulta pública.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece níveis mínimos satisfatórios para o desempenho da iluminação natural em ambientes residenciais, com vista a proporcionar a utilização segura e cômoda desses espaços. Para análises por meio de simulação, contando unicamente com iluminação natural, os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais devem atender níveis de desempenho estabelecidos: 60 lx – mínimo, 90 lx – intermediário, 120 lx – superior. Isso diz respeito à iluminância nas dependências sala de estar, dormitórios, cozinha e área de serviço das construções habitacionais (ABNT, 2013).

O INMETRO tem motivado o uso de estratégias projetuais que melhorem os níveis de eficiência energética em edifícios. A publicação do RTQ-R, em 2010, alavancou a avaliação do nível de eficiência energética em habitações (PASSOS, 2009). Neste regulamento buscou-se qualificar ambientes residenciais quanto à eficiência energética, incluindo, entre outros, parâmetros de análise de iluminação natural (AMORIM *et al.*, 2011).

O RTQ-R classifica os ambientes residenciais de acordo com a ocupação. São considerados de uso contínuo por um ou mais indivíduos cômodos como: sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório e sala de TV. Não são considerados ambientes de permanência prolongada: cozinha, área de serviço, banheiro, circulação, varanda, *solarium*, garagem, dentre outros que sejam de ocupação transitória (INMETRO, 2012). Entretanto, essa classificação apresenta algumas limitações, pois não leva em consideração as especificidades de unidades habitacionais de interesse social, cujos ambientes como a cozinha e área de serviço comportam boa parte da realização de tarefas e com isso a permanência de usuários durante o dia.

De acordo com o regulamento, o acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% da área útil do ambiente. Em relação ao método de simulação, o RTQ-R recomenda alguns programas, como o Daysim, o Apolux e o TropLux.

## 2.4.2 Indicadores de Desempenho Luminoso

No projeto arquitetônico, o desempenho luminoso deve ser uma preocupação do arquiteto, seja no momento inicial do projeto ou em uma edificação já existente que necessite de reforma. Ao longo dos anos, estudiosos da iluminação natural criaram ferramentas baseadas em cálculos matemáticos que tinham como objetivo ajudar os projetistas a avaliar, de maneira rápida e aproximada, o desempenho da luz do dia na arquitetura. De acordo com Tregenza e Loe (1988), a maioria dos cálculos é baseada em modelos muito simplificados da realidade, com dados de entrada que são meras estimativas. Porém, com o passar dos anos, o computador se estabeleceu como uma nova ferramenta de auxílio à realização dos cálculos de desempenho da luz natural na arquitetura, através das simulações computacionais.

O uso da simulação computacional em pesquisas na arquitetura consolidou-se rapidamente nas últimas décadas devido aos avanços tecnológicos, o que se tornou um método rápido e eficiente para pesquisas. Ao longo dos anos, os computadores ficaram cada vez mais rápidos e dispuseram de recursos de computação gráfica, tornando possível a criação de softwares baseados em metodologias avançadas (CABÚS, 2005).

Os indicadores de desempenho são parâmetros importantes para o estudo do aproveitamento da iluminação. Sua aplicação auxilia os arquitetos na avaliação de diferentes sistemas, bem como podem ser usados para determinar se a luz natural está de acordo com as necessidades de determinados ambientes (LINS, 2018). A seguir estão descritos os indicadores usados no presente trabalho.

### 2.4.2.1 *Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)*

De acordo com a Lighting Measurements 83-12 (LM-83-12) (IES, 2012), a Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) (Spatial Daylight Autonomy – SDA) é usada para avaliar a influência da iluminação natural no ambiente. Este indicador é expresso pela porcentagem da área em análise, que atende ao nível mínimo de iluminância durante uma parte das horas diurnas de funcionamento. O valor da iluminância limite é estabelecido de acordo com a atividade desempenhada no ambiente em estudo.

Segundo a LM-83-12 (IES, 2012), um espaço possui condição “favorável” de luz natural quando apresenta um valor igual ou superior a 75% da área analisada, e

“aceitável” quando possui valor igual ou superior a 55%. Abaixo desse valor, o espaço possui condição “insuficiente” de iluminação natural.

#### 2.4.2.2 *Exposição Solar Anual (ESA)*

Outro indicador recomendado pela LM-83-12 (IES, 2012) é a Exposição Solar Anual (ESA) (Annual Sun Exposure - ASE). Ela estima o potencial de desconforto visual causado pela radiação solar direta em ambientes de trabalho. A ESA é expressa pela porcentagem da área em estudo que excede um determinado nível de iluminância solar direta por um período maior de horas por dia. A metodologia da ESA propõe que sejam considerados 1000 lx durante, no máximo, 250 horas por ano, como limite aceitável de radiação direta dentro do ambiente. De acordo com a LM-83-12, para este índice são recomendadas três classificações de desempenho:

- insatisfatório, quando a ESA for superior a 10%;
- neutro, quando a ESA for abaixo de 7%;
- aceitável, quando a ESA for abaixo de 3%.

#### 2.4.2.3 *Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta EMA$ )*

Iluminância é a quantidade de luz incidente em uma superfície. Trata-se de um parâmetro frequentemente utilizado no estudo do desempenho luminoso, e adotado pelas normas brasileiras, como a NBR 15215: Iluminação Natural (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2013). A média de todos os valores de iluminância calculados ao longo de um ano corresponde à Iluminância Média Anual (EMA) (LINS, 2018).

A variação de EMA auxilia no estudo comparativo entre modelos e vem sendo usada em alguns trabalhos recentes (LINS, 2018; VASCONCELLOS, 2019; CABÚS; RIBEIRO, 2019).

A  $\Delta EMA$  é dada por meio da seguinte equação:

$$\Delta EMA = \frac{EMA_2 - EMA_1}{EMA_1} \times 100\%$$

Onde:

$\Delta EMA$  – Variação de Iluminância Média Anual;

$EMA_1$  – Iluminância Média Anual do Modelo de Referência;

$EMA_2$  – Iluminância Média Anual do Modelo Modificado.

## 2.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Por meio do conteúdo abordado nesta seção podemos concluir que apesar do impacto causado pelos programas habitacionais desenvolvidos pelo governo nos últimos anos, não houve redução do déficit habitacional no Brasil. Além disso, a padronização e construção em grande escala das unidades habitacionais causam problemas relacionados ao funcionamento, dimensionamento, flexibilidade e conforto ambiental dos usuários em unidades habitacionais.

Constatou-se que no estado de Alagoas diversos empreendimentos habitacionais foram implantados, e alguns anos após a entrega das residências já se constataavam intervenções promovidas pelos usuários. Boa parte dessas intervenções acontece sem acompanhamento de profissionais habilitados devido aos poucos recursos financeiros dos moradores.

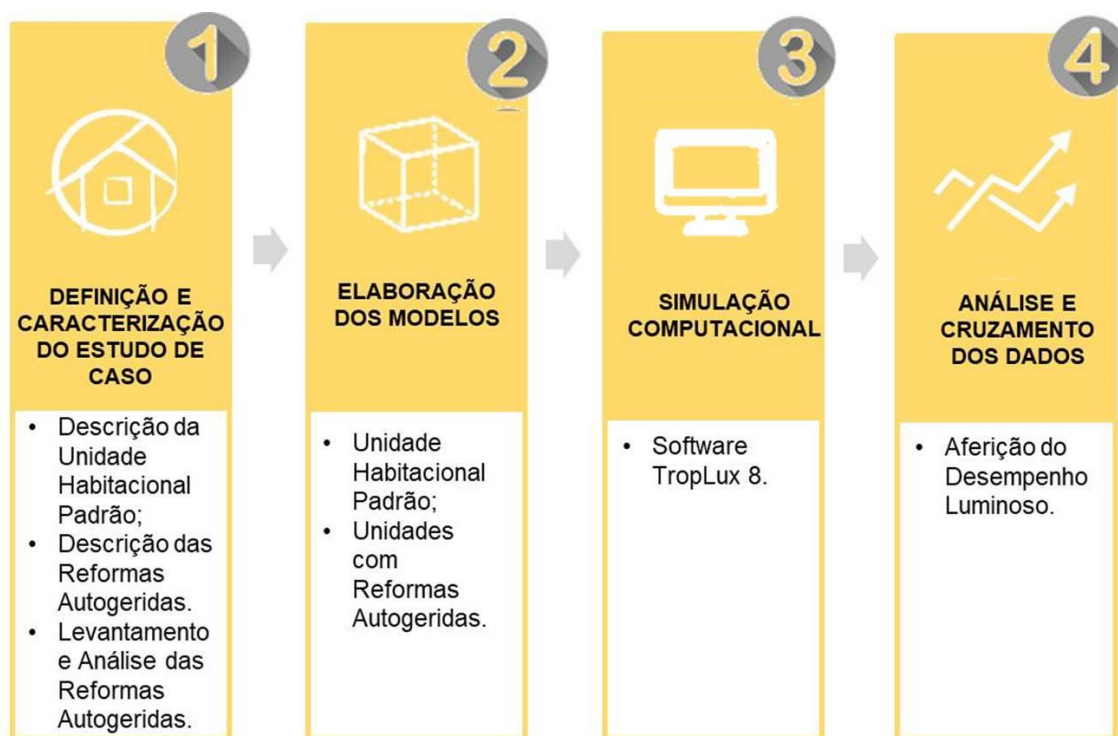
As modificações podem acentuar possíveis problemas existentes no projeto original das residências ou ainda gerar novas implicações. Parte desses problemas podem estar relacionados ao desempenho luminoso da luz natural. Diante disso, é importante verificar a qualidade desses espaços, tanto na fase projetual quanto na fase pós-ocupação das unidades habitacionais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os materiais e métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos nessa pesquisa. O método utilizado consiste na identificação das reformas autogeridas por meio do Google Maps e Street View (GOOGLE, 2020) e avaliação do desempenho da luz natural de unidades habitacionais de um conjunto residencial horizontal. Assim, são avaliados os modelos representando as unidades, antes e após reformas autogeridas, por meio de simulação computacional.

Os procedimentos metodológicos consistem em: definição e caracterização do estudo de caso; elaboração dos modelos; simulação computacional; e análise e cruzamentos dos dados, conforme diagrama da Figura 06.

**Figura 06** - Diagrama de procedimentos metodológicos



Fonte: elaboração autoral.

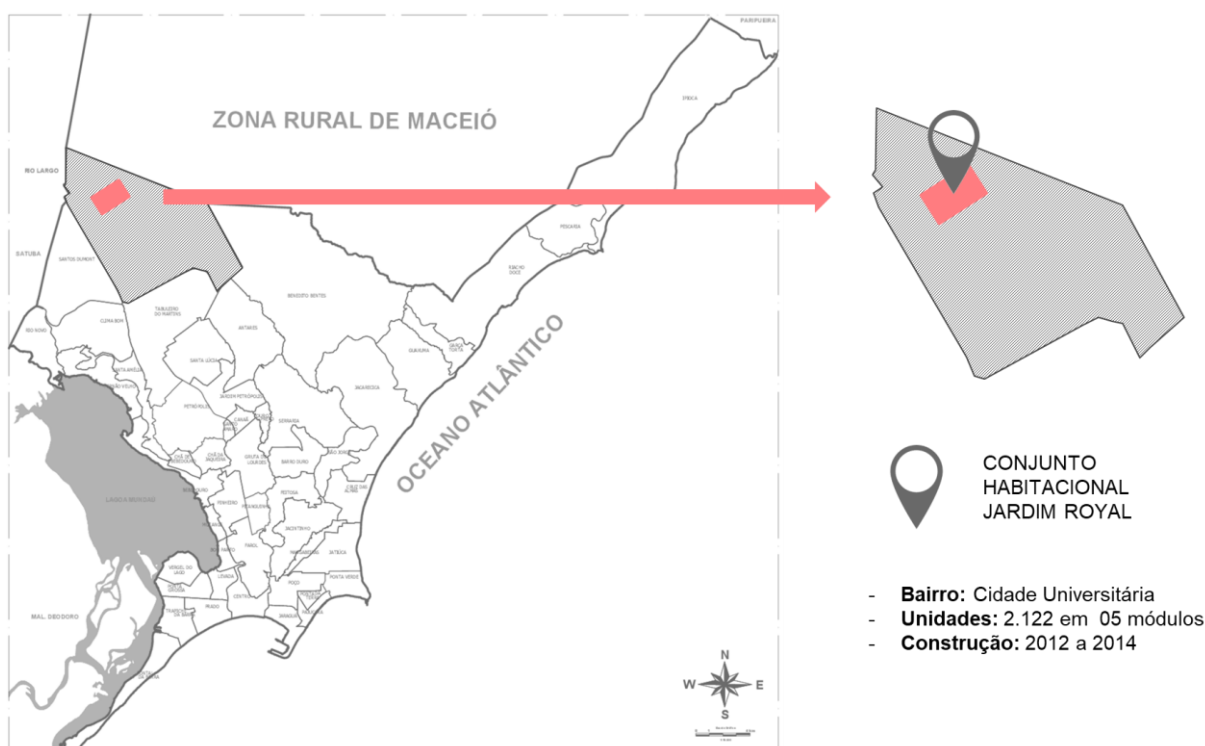
A análise do desempenho se dá no interior da sala de estar/jantar e cozinha. Esses ambientes foram escolhidos por serem mais utilizados durante o dia, e onde há maior desenvolvimento de tarefas visuais, como leitura, cocção e preparo de alimentos.



### 3.1 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Construído entre 2013 e 2014 através do PMCMV, o Conjunto Residencial Jardim Royal está localizado no Bairro Cidade Universitária, em Maceió – AL (Figura 07). Possui área equivalente a 490.000m<sup>2</sup> (quatrocentos e noventa mil metros quadrados) e é composto por 2.122 (duas mil, cento e vinte e duas) unidades habitacionais, distribuídas em cinco módulos denominados: Jardim Royal, Jardim Royal 2 – Módulo I, Jardim Royal 2 – Módulo II, Jardim Royal 2 – Módulo III e Jardim Royal 2 – Módulo IV (CONTRATO ENGENHARIA, 2012).

**Figura 07 - Localização do Conjunto Residencial Jardim Royal**



Fonte: Maceió (2000), adaptado.

O conjunto foi construído em 05 módulos ou agrupamentos de quadras e lotes, de unidades unifamiliares horizontais, e sua entrega condicionada à finalização de cada módulo. O tipo de configuração do traçado urbanístico consiste em: rua com pista central e calçadas laterais; rua com canteiro central (boulevard); e rua finalizada em elemento de reversão (*cul-de-sac*), conforme Figuras 08 e 09. As ruas têm acessos livres e configuração similar (CAVALCANTI *et al.*, 2015).

**Figura 08 -** Perspectiva do Conjunto Residencial Jardim Royal



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

**Figura 09 -** Implantação do Conjunto Residencial Jardim Royal



Fonte: Contrato Engenharia (2012), adaptado.

O empreendimento é composto por casas, vias públicas, áreas verdes e áreas destinadas a equipamentos urbanos e comunitários, conforme Figura 09. Ele faz parte dos projetos destinados às famílias pertencentes à Faixa 2 do PMCMV, com renda entre três e seis salários mínimos. Trata-se de um projeto da iniciativa privada, financiado pela CEF, e cujos clientes fizeram a aquisição da unidade residencial através da compra por financiamento com subsídio do Governo Federal (GF). Para o conjunto não houve proposta de construção de creche, escola ou qualquer equipamento público, uma vez que não faz parte das exigências do Ministério das Cidades, para os projetos da Faixa 2, a construção de equipamentos comunitários (SÁ, 2019).

### 3.1.1 Descrição da Unidade Habitacional Padrão

O projeto original do conjunto habitacional possui apenas um modelo padrão de unidade habitacional, conforme Figura 10. Essas residências foram implantadas na cidade de Maceió – AL (Latitude 9°40'S, Longitude 35°44'O), caracterizada pelo clima trópico-úmido e necessidade de proteção da radiação solar.

**Figura 10** - Perspectiva da unidade residencial padrão



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

A unidade residencial possui área total igual a 50,05m<sup>2</sup> e pé-direito de 2,60m. Os terrenos onde cada unidade foi implantada possuem 7,00m de frente por 18,00m de fundos (área total de 126,00m<sup>2</sup>), exceto os lotes de esquina, que variam conforme projeto urbanístico aprovado pela Prefeitura Municipal de Maceió. Há ainda um muro construído nos limites do lote com altura igual a 1,00 m (CONTRATO

ENGENHARIA, 2012). Os elementos de proteção solar adotados são o beiral e a varanda (Figuras 11).

**Figura 11** - Planta baixa da proposta original



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

A construtora disponibiliza, ainda, uma segunda planta baixa, com proposta de ampliação. Porém, é previsto apenas a adição de um quarto na parte posterior da casa. Nessa proposta a área total é igual a 59,37m<sup>2</sup> (Figura 12).

**Figura 12** - Planta baixa da proposta de ampliação



Fonte: Contrato Engenharia (2012).

O memorial descritivo do empreendimento prevê como materiais de acabamentos internos: 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 internas prensadas com pintura em verniz ou esmalte sintético; caixas internas das 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 em alvenaria de vedação.

### 3.1.2 Descrição das Reformas Autogeridas

Desde sua implantação, entre 2012 e 2014, o Conjunto Residencial Jardim Royal vem sofrendo diversas alterações na estrutura original. Antes, as residências apresentavam características similares, respeitando o projeto arquitetônico disponibilizado pela construtora. O sistema construtivo, esquadrias, coberta, cores e acabamentos seguem um padrão que se replica nas 2.122 unidades (Figura 13).

**Figura 13** - Unidades habitacionais no formato original



Fonte: Contrato Engenharia (2020).

Pouco tempo após a implantação do empreendimento, constatou-se que algumas residências já se apresentavam descaracterizadas devido às reformas e ampliações promovidas pelos beneficiários do programa, conforme Figura 14.

**Figura 14** - Descaracterização de uma das unidades habitacionais no empreendimento



Fonte: Google Street View (2020).

Nos últimos anos, essas reformas foram se replicando nas demais unidades habitacionais, que ganharam novos formatos, promovendo uma nova configuração visual ao empreendimento. Isso pode estar relacionado a fatores como o dimensionamento e pouca flexibilização do projeto original, que prevê apenas a adição de um cômodo.

### 3.1.3 Levantamento das Reformas Autogeridas

Com o objetivo de verificar as configurações de reformas existentes no empreendimento, foi realizado um levantamento das modificações por meio do Google Street View<sup>3</sup>. Essa ferramenta é uma representação virtual do ambiente que nos cerca, composta de milhões de imagens panorâmicas, disponível no Google Maps (GOOGLE, 2020).

O Google Street View permite o percurso virtual de um determinado local por meio de imagens reais em 360°. Isso possibilita a visualização das fachadas no conjunto residencial e, conseqüentemente, a análise das modificações externas à edificação.

Com isso, adotou-se a área de abrangência com melhor disponibilidade de imagens atualizadas (Figura 15). Assim, foi elaborado um recorte urbano do conjunto habitacional. Essa área contempla parte dos módulos 02 e 03, contabilizando 329 (trezentas e vinte e nove) unidades habitacionais, equivalendo a 15% do total, conforme Figura 16.

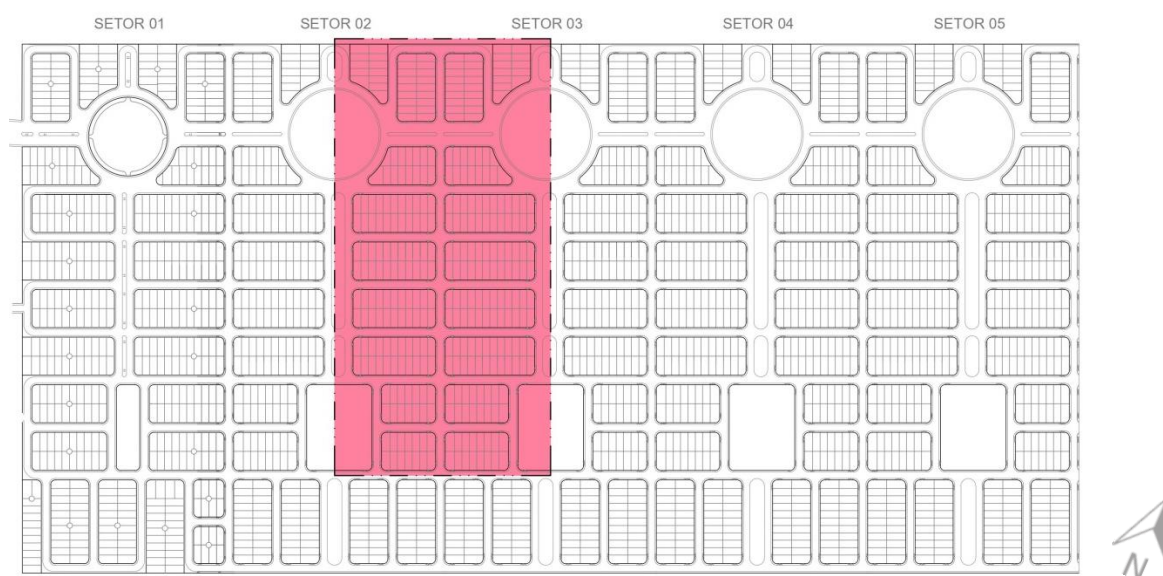
<sup>3</sup> Essa forma de levantamento de dados foi adotada em meio ao período atípico decorrente da pandemia do COVID-2019 (Doença do Coronavírus), iniciada no Brasil em março de 2020, que gerou recomendações de isolamento social por parte da OMS (Organização Mundial da Saúde) e autoridades governamentais.

**Figura 15** - Área de abrangência do Google Street View no Conjunto Residencial Jardim Royal



Fonte: Google (2020).

**Figura 16** - Recorte urbano do conjunto habitacional



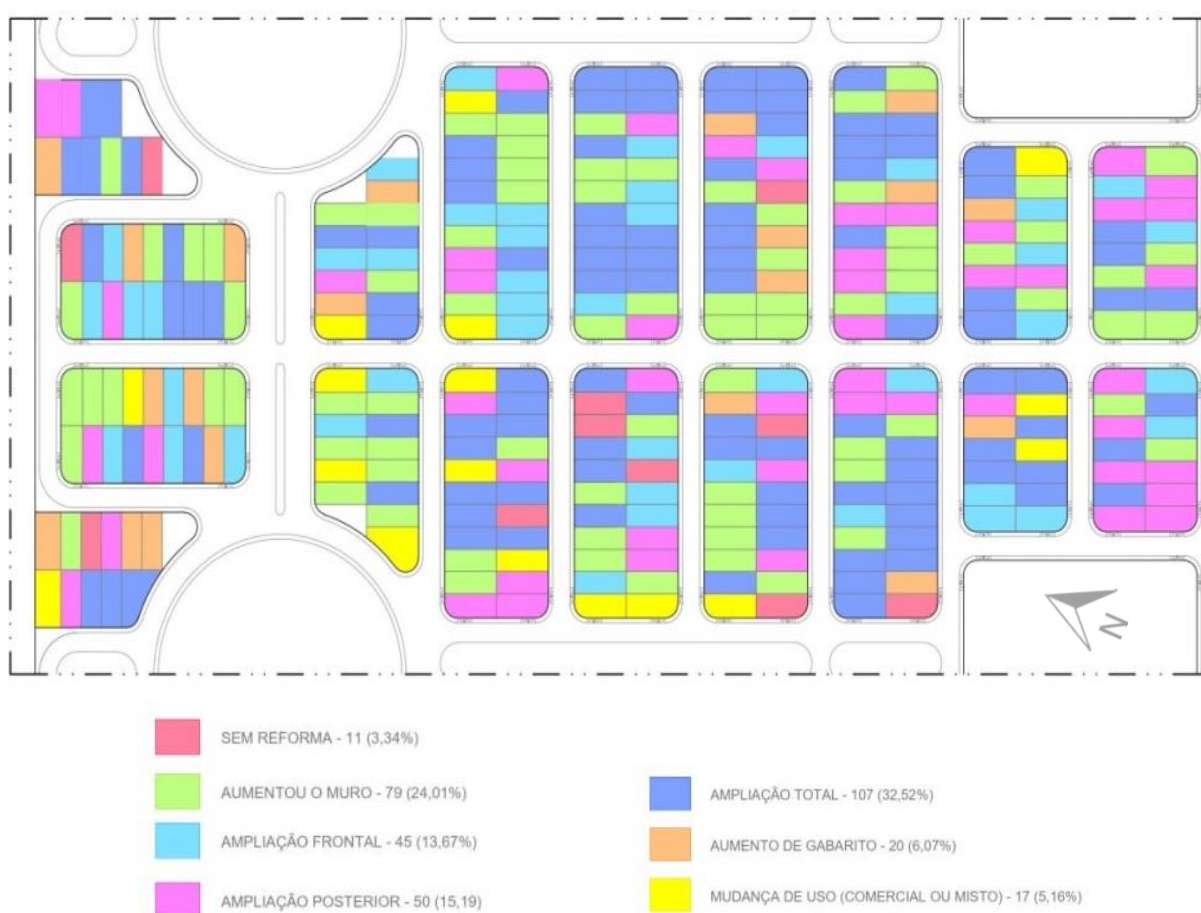
Fonte: Contrato Engenharia (2012), adaptado.

Com a definição do recorte urbano, foram realizados percursos virtuais nas ruas do Conjunto Residencial, identificando as casas reformadas, não reformadas e os principais tipos de modificações. Devido à impossibilidade de adentrar o interior das residências, as modificações consideradas ficaram restritas apenas à envoltória externa da edificação.

### 3.1.4 Análise das Reformas Autogeridas

Após análise da situação atual por meio do Google Street View, é possível identificar que grande parte das residências possui algum tipo de modificação. A Figura 17 apresenta um esquema geral das alterações por unidade habitacional. Essas alterações foram classificadas de acordo com a escala de modificações, que varia entre pequenas reformas a ampliações que descaracterizam completamente o imóvel.

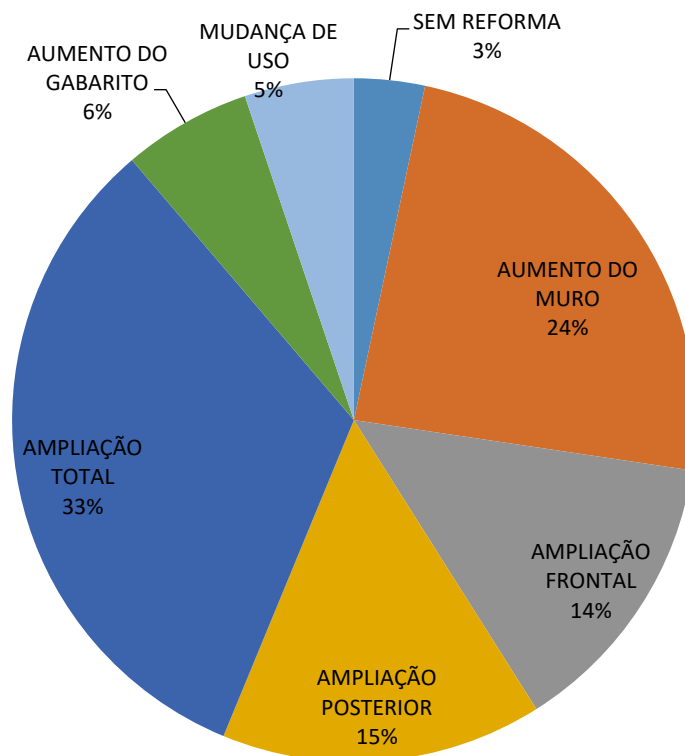
**Figura 17 -** Esquema das modificações, classificadas por grupos



Fonte: Contrato Engenharia (2012), adaptado.

A análise do recorte nos permite dizer que cerca de 318 (trezentas e dezoito) unidades (96%) sofreram algum tipo de modificação no período entre 2012 e 2019. Isso significa que poucas unidades continuaram conforme a situação original. Consta-se que é comum a realização de algum tipo de alteração por parte dos moradores, que buscam suprir suas necessidades. O Gráfico 02 mostra o percentual para cada grupo de alterações.



**Gráfico 02** - Relação dos principais tipos de reformas observadas no Conjunto Residencial

Fonte: elaboração autoral.

Dentre as principais alterações realizadas pelos moradores, prevalece o aumento do muro, em decorrência de aspectos como segurança, privacidade e demarcação de território. Há ainda ampliação, seja parcial, levando em consideração a parte frontal ou posterior da casa; ou total, abrangendo tanto a parte frontal quanto posterior (Figura 18).

**Figura 18** - Situação atual das unidades habitacionais

Fonte: Google Street View (2019).

Constatam-se, ainda, outras formas de alteração em menor quantidade, como a mudança de tipo de uso do imóvel, que antes era apenas residencial e agora passa a ser comercial ou misto. Isso pode estar relacionado com o fato de não serem previstos imóveis comerciais ou com outro tipo de uso no projeto urbanístico do Conjunto Residencial. Outra modificação pontual diz respeito ao aumento de gabarito da edificação, pois, algumas edificações passaram de térreas para um ou mais andares.

### 3.2 ELABORAÇÃO DOS MODELOS

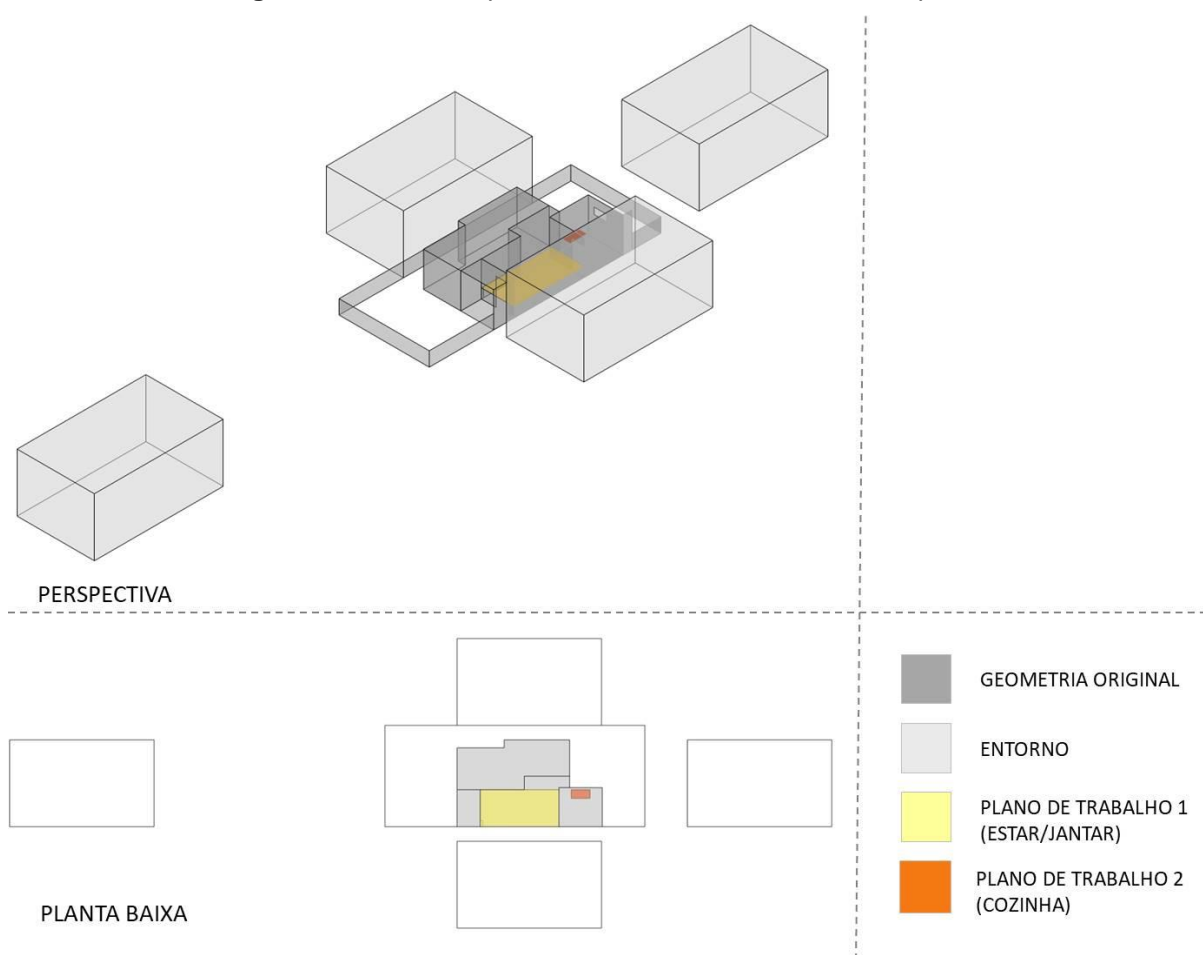
Nesse estudo são usados modelos representando as unidades habitacionais antes e após reformas autogeridas. Assim, os modelos são subdivididos em dois grupos: o primeiro corresponde ao modelo de referência, que representa a unidade habitacional padrão; e o segundo grupo, aos modelos com variáveis, representando os grupos de reformas autogeridas. Esse último grupo é gerado com base na análise das reformas autogeridas por meio do Google Street View. Optou-se por não

analisar a proposta de ampliação da construtora, que consta em projeto, pois não há alteração na visão de céu das aberturas dos ambientes analisados.

### 3.2.1 Unidade Habitacional Padrão

O modelo de referência consiste na unidade habitacional padrão adotada no conjunto residencial. Com isso, foi elaborado um modelo simplificado baseado no seu projeto arquitetônico e especificações técnicas. Nele é representada a geometria das unidades, entorno e os planos de trabalho analisados, conforme Figura 19.

**Figura 19** - Modelo representando a unidade habitacional padrão

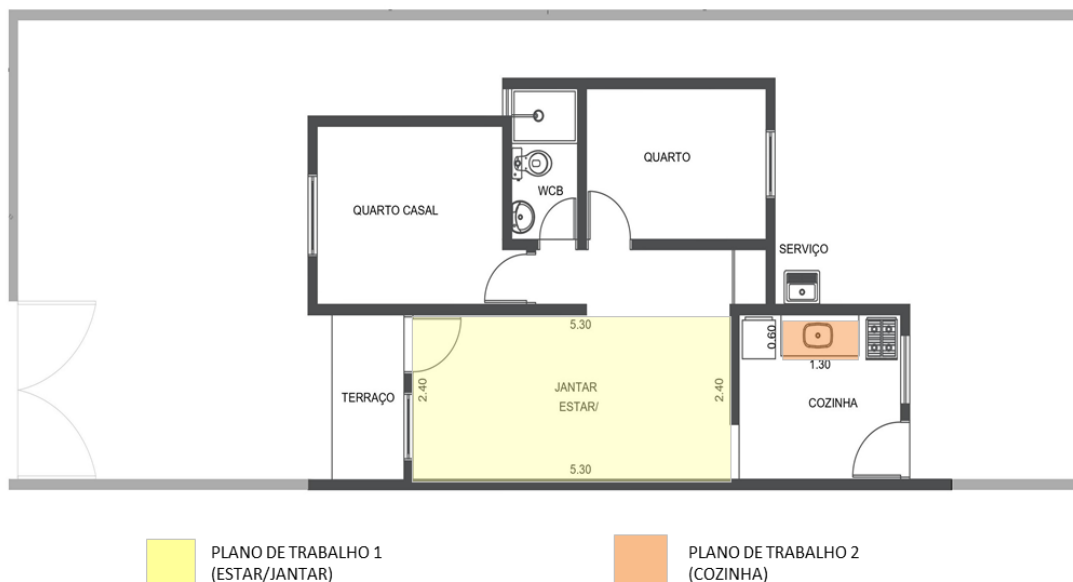


Fonte: elaboração autoral.

Os planos de trabalho correspondem à cozinha e sala de estar e jantar (Figura 20). Esses espaços foram escolhidos por se tratarem de ambientes de permanência prolongada durante o dia. Optou-se por analisá-los de forma distinta. De forma que, na sala de jantar é analisada toda a área, devido à flexibilidade de uso do espaço, e onde podem ocorrer mudanças de layout e realizadas tarefas

como leitura e alimentação. Enquanto que na cozinha é analisado o plano correspondente à bancada, que se caracteriza como elemento fixo e é onde são executadas tarefas como lavagem, preparo e cocção de alimentos.

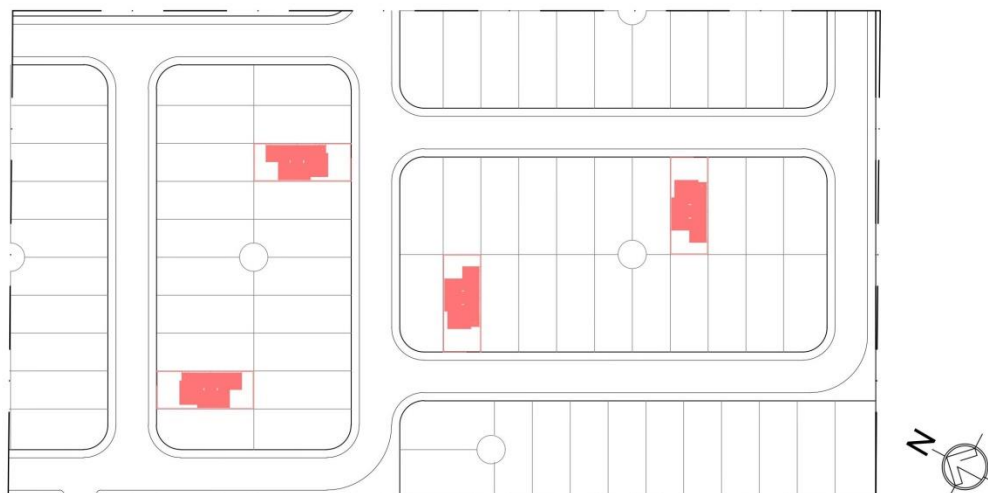
**Figura 20** - Planos de trabalho analisados



Fonte: Contrato Engenharia (2012), adaptado.

Para a simulação do desempenho luminoso são consideradas as orientações conforme implantação das unidades no lote do conjunto habitacional: NE (60°), SE (150°), SO (240°) e NO (330°). Para facilitar a avaliação das unidades, as fachadas frontais são adotadas como referência, conforme Figura 21.

**Figura 21** - Padrão de implantação das residências nos lotes

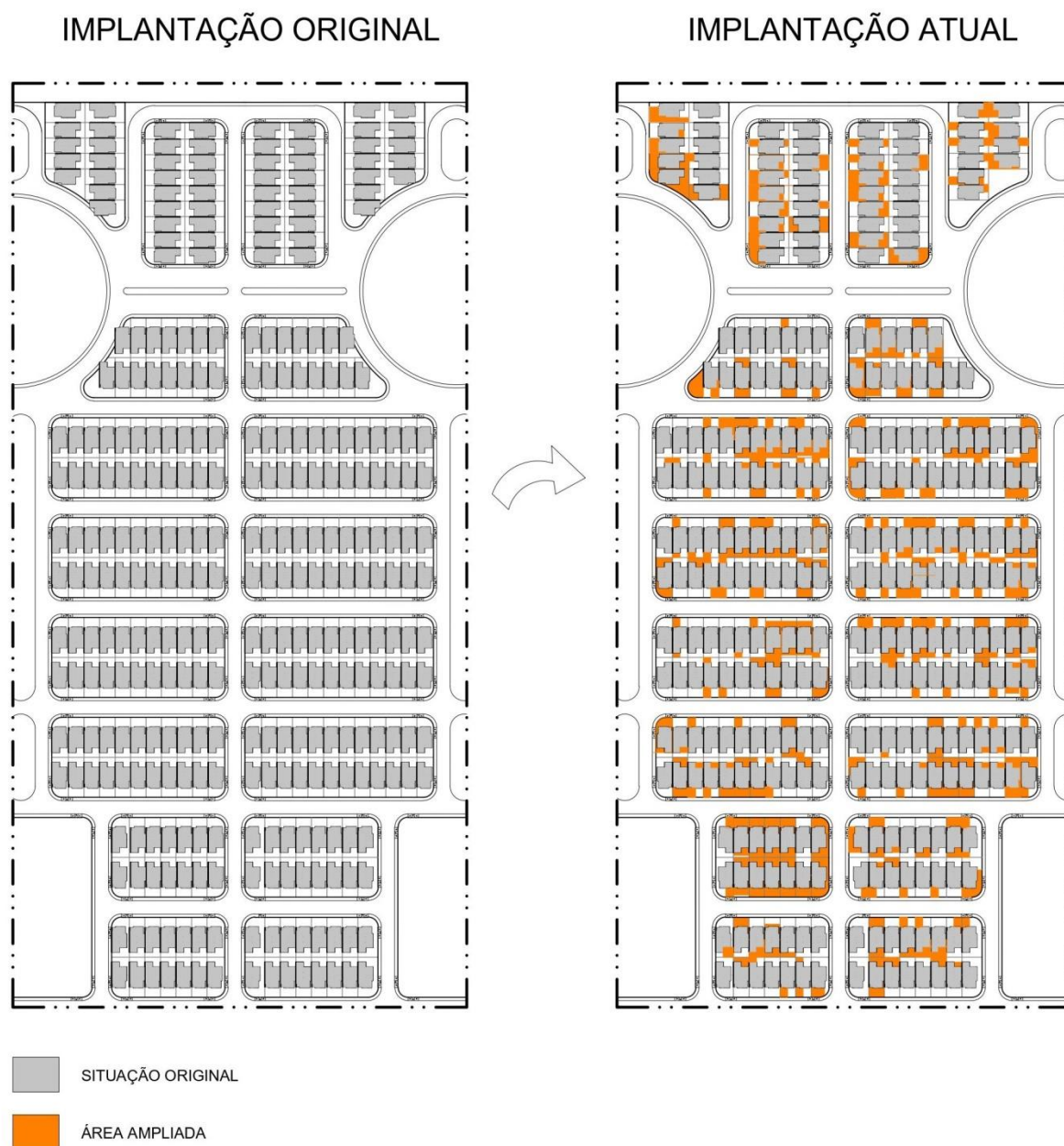


Fonte: Contrato Engenharia (2012), adaptado pelo autor.

### 3.2.2 Unidades com Reformas Autogeridas

O segundo grupo de modelos leva em consideração as unidades reformadas. Devido à parametrização dos dados e limitações impostas pela pandemia do COVID-19, a análise das reformas foi realizada por meio do Google Street View. Essa ferramenta possibilitou a análise da implantação original e da implantação atual por meio das imagens colhidas entre 2012 e 2019 (Figura 22).

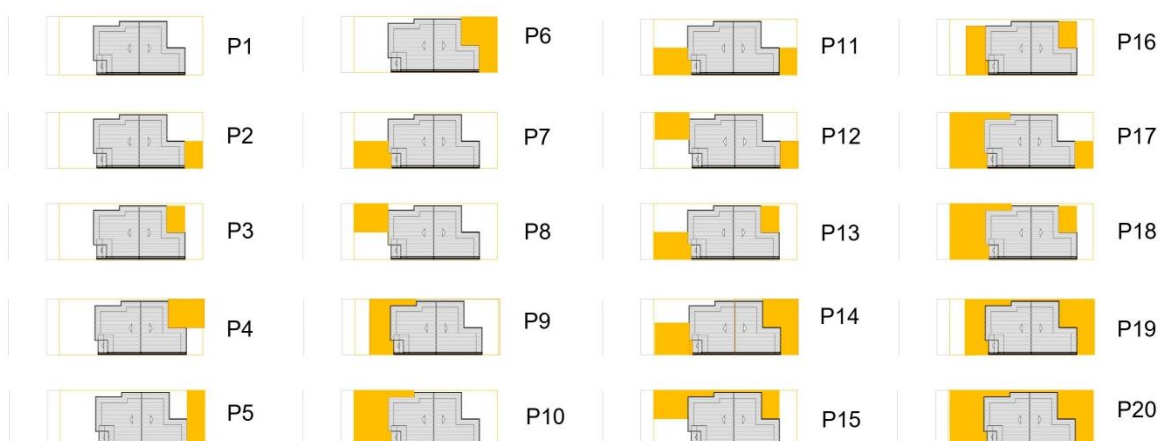
Figura 22 - Implantação original e atual do Conjunto Jardim Royal



Fonte: elaboração autoral.

Após a análise e comparação das imagens, foram constatados padrões de modificações (Pn), que compreendem de pequenas alterações à descaracterização completa das residências (Figura 23). Os padrões de modificações representam as seguintes alterações: P1 – com aumento do muro; P2, P3, P4 e P5 – com ampliação parcial na parte posterior da residência; P6 – com ampliação total nos fundos da residência; P7, P8 e P9 – com ampliação parcial na parte frontal; P10 – com ampliação total na parte frontal; P11, P12, P13, P15, P16 – com ampliação parcial na parte frontal e posterior da residência; P14 e P19 – com ampliação parcial na parte frontal e total na parte posterior; P17 e P18 – com ampliação total na parte frontal e parcial na parte posterior; e P20 – com ampliação total, tanto na parte frontal quanto na parte posterior.

**Figura 23** - Padrões de modificações observados nas residências



Fonte: elaboração autoral.

Para facilitar a análise das alterações, os padrões de modificações (Pn) foram simplificados em grupos de análise (Gn) e consistem em combinações dos diferentes tipos de modificações encontrados no recorte estudado (Figura 24): G1 – com aumento do muro e sem cobertura em uma das partes frontal e posterior, presente em P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10; G2 – com ampliação parcial na lateral direita da residência, presente em P2, P7, P11, P12, P13, P14 e P17; G3 – com ampliação parcial na lateral esquerda da residência, presente em P3, P4, P8, P12, P13, P15, P16 e P18; G4 – com ampliação parcial abrangendo a parte frontal e posterior, presente em P11, P12, P13 e P15; G5 – com ampliação total da parte frontal da residência, presentem em P10, P17, P18 e P20; e G6 – com ampliação

total da parte posterior da residência, presente em P6, P14, P19 e P20. Salienta-se que a lateral esquerda e direita é adotada em relação à fachada frontal das unidades habitacionais.

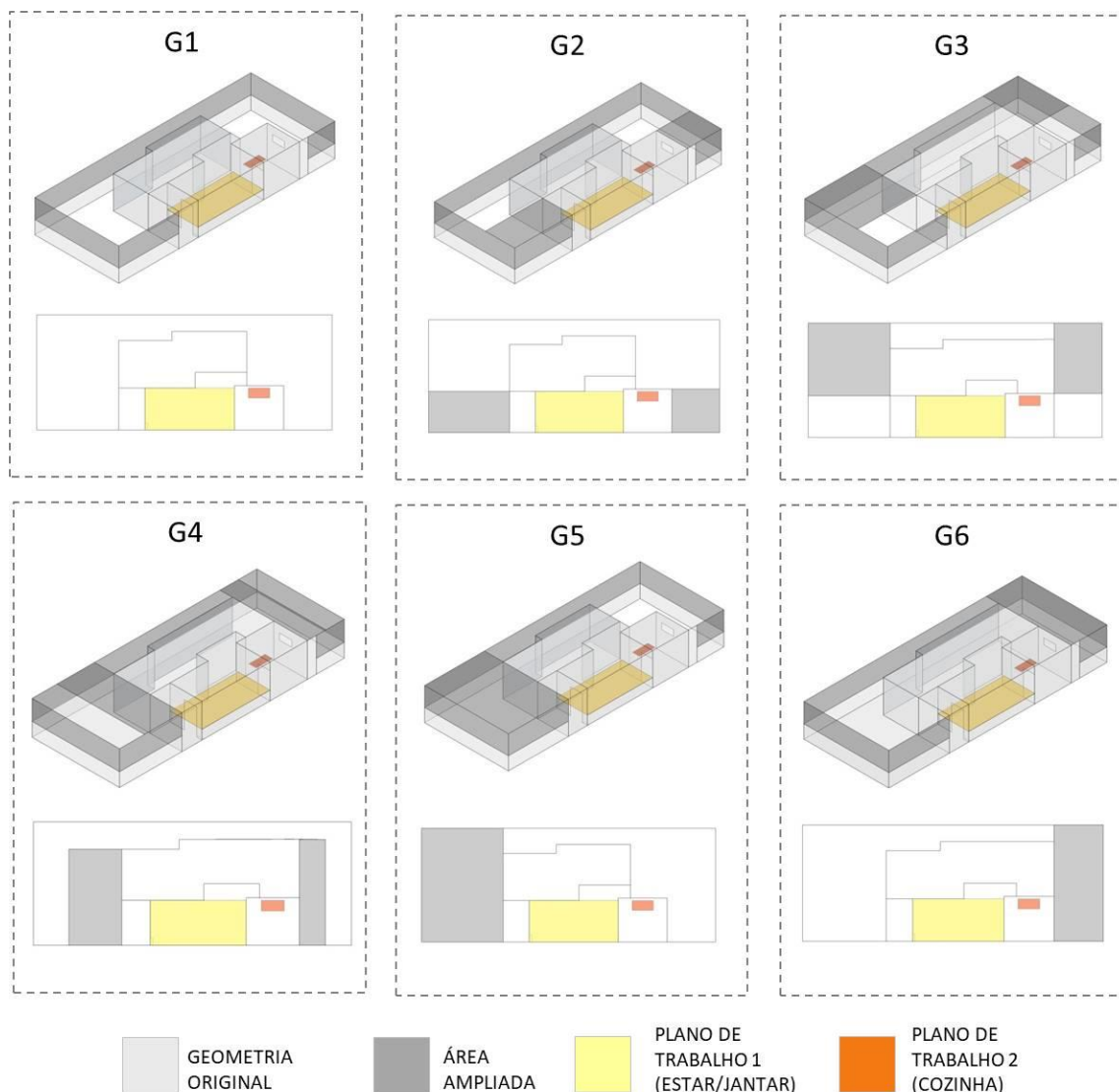
**Figura 24 - Simplificação dos padrões de modificações em grupos de análise**



Fonte: elaboração autoral.

Esses grupos norteiam a elaboração dos modelos simplificados que são apresentados na Figura 25.

**Figura 25 - Modelos representando os principais tipos de modificações**



Fonte: elaboração autoral.

As áreas ampliadas podem representar a adição de espaços como garagem, varanda e novo quarto ou ampliação da cozinha e área de serviço. Para a elaboração dos modelos não foram consideradas as modificações referentes à mudança de uso e aumento de gabarito da edificação, pois essas mudanças descaracterizaram os ambientes analisados, que perdem a função proposta originalmente, e alteram, conseqüentemente, os planos de trabalho analisados. Além disso, o entorno, refletâncias das superfícies e transmitância do vidro permaneceram como no modelo de referência, mudando apenas a configuração da geometria externa à edificação original.

É importante destacar que as ampliações adotadas diminuem a visão de céu das aberturas, alterando, conseqüentemente, o desempenho luminoso desses espaços.

### 3.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

#### 3.3.1 O Software TropLux

A simulação tem como característica a recriação de aspectos de um ambiente físico real, de forma variada, considerando o fenômeno em sua complexidade (GROAT; WANG, 2013). Neste trabalho, a simulação computacional é usada por meio do software TropLux 8 (CABÚS *et al.*, 2020) (Figura 26). Essa ferramenta permite a simulação do desempenho da iluminação natural e calcula a iluminância usando o método do raio traçado<sup>4</sup> (*ray tracing*) em conjunto com o método Monte Carlo<sup>5</sup> (CABÚS, 2005). O TropLux tem sido usado em diversos estudos, como teses de doutorado (MOURA, 2007; LEDER, 2007; LUZ, 2014), dissertações de mestrado (DIDONÉ, 2009; LIMA, 2014; NETTO, 2015) e artigos em periódicos e eventos (LIMA; BITTENCOURT, 2012; NASCIMENTO; BATISTA, 2016; SANTOS; SOUZA, 2017).

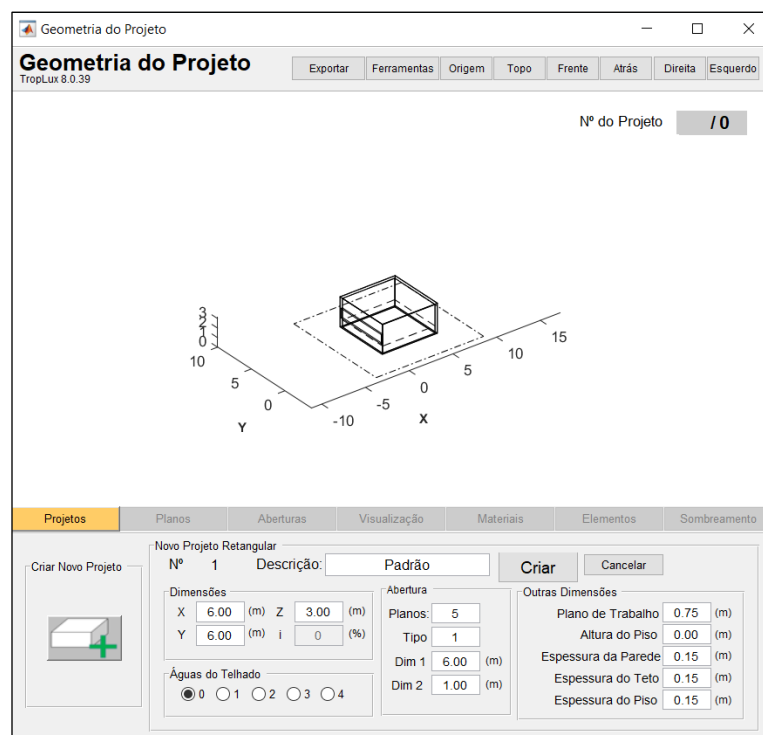
---

<sup>4</sup> Método do raio traçado é uma técnica que segue o caminho de um determinado raio entre superfícies (CABÚS, 2005).

<sup>5</sup> Método Monte Carlo consiste em uma abordagem estatística para solucionar integrais múltiplas (CABÚS, 2005).



**Figura 26** - Janela de Geometria do Projeto do software TropicLux 8



Fonte: Imagem gerada a partir do software TropicLux (CABÚS *et al.*, 2020).

### 3.3.2 Parâmetros de Simulação

Nesse estudo foram criados dois planos, um para cada cômodo: sala de estar/jantar e cozinha. Dessa forma, no plano de trabalho da sala de estar e jantar, que possui dimensões 5,30 m x 2,40 m, foi adotada malha<sup>6</sup> horizontal com 0,13 m x 0,7 m e altura igual a 0,75m acima do piso. Na cozinha, com dimensões 1,30 m x 0,60 m, adotou-se malha horizontal com 0,9 m x 0,2 m e altura igual a 0,85m, equivalente à altura da pia e bancada. As simulações são realizadas para todos os dias do ano durante 10 horas diárias, correspondentes ao intervalo entre 8h30min às 17h30min (horário legal).

Os valores de refletância foram escolhidos com base nos materiais e cores especificados no projeto arquitetônico das residências disponibilizado pela construtora e um estudo realizado por Dornelles e Roriz (2007). Para as paredes e teto foi escolhida refletância igual a 70%, devido à pintura especificada na cor branca. Para o piso, caracterizado como cerâmico de cor cinza, a refletância adotada é igual a 30%. No plano de trabalho da cozinha, adotou-se refletância de 50%, equivalente ao material da pia e bancada, nesse caso foi adotada pia em aço

<sup>6</sup> Equivale à divisão interna do ambiente em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado, onde a iluminância é medida no centro de cada área (ABNT, 2005).

inoxidável. O fechamento transparente da abertura possui a configuração padrão do TropLux (CABÚS, 2002) para vidro simples, com transmitância equivalente a 88%.

Para o estudo são utilizadas as características climáticas de Maceió, por isso foi considerado o Céu de Distribuição Dinâmica de Luminância (CDDL) do TropLux. Este tipo de céu apresenta comportamento compatível ao da realidade local, pois foi criado devido ao estudo de probabilidade de ocorrência dos tipos de céu na cidade (CABÚS, 2002).

### 3.4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados é feita através de gráficos de barras, que permitem comparar os dados obtidos para as diferentes orientações. Para melhor clareza dos resultados, os dois planos de trabalho (sala de estar/jantar e cozinha) são analisados de forma distinta.

A avaliação do desempenho luminoso se baseia nos indicadores: Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) (Spatial Daylight Autonomy – SDA), para avaliar a influência da iluminação natural no ambiente (IES, 2012); Exposição Solar Anual (ESA) (Annual Sunlight Exposure – ASE), para estimar o risco potencial de radiação solar direta excessiva no espaço (IES, 2012); e Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA), para comparar as iluminâncias médias no modelo de referência. Os dados são obtidos no software TropLux 8 (CABÚS *et al.*, 2020) e processados por meio de planilhas. Nesse estudo, optou-se por considerar o valor recomendado para sala de estar e cozinha pela NBR 15575 (ABNT, 2013), que define os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais. Assim, adotou-se iluminância equivalente a 120 lx.

A análise de desempenho é realizada, inicialmente, na unidade habitacional padrão (modelo de referência). Em seguida, é feita a análise de desempenho das modificações (modelo reformados). Por fim, são comparados os resultados obtidos nas simulações para cada um dos modelos reformados (G1 a G6) em relação ao modelo de referência (GB). Assim, todas as métricas são analisadas simultaneamente, com o intuito de observar os impactos das modificações no desempenho luminoso desses espaços. Por fim, é realizada uma avaliação global por meio de uma tabela síntese com cruzamento dos dados, a fim de comparar as métricas adotadas.

### 3.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentados os materiais e métodos usados na pesquisa, que consiste na avaliação do desempenho luminoso de unidades habitacionais, antes e após reformas autogeridas. Assim, foram descritas as características do conjunto habitacional, da unidade habitacional e das reformas autogeridas; elaboração dos modelos e simulação computacional no Software TropLux 8. Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos para atingir os objetivos propostos da pesquisa e resultaram em sete diferentes modelagens, simuladas em quatro orientações diferentes, durante 10 horas diárias. Na próxima seção serão apresentados os resultados e análises.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

Esta seção apresenta os dados obtidos através das simulações computacionais realizadas no modelo de referência (unidade habitacional padrão) e modelos reformados (unidades com reformas autogeridas). É apresentada, também, a análise comparativa entre os modelos, levando em consideração a geometria, refletâncias das superfícies, transmitância do vidro e orientação das unidades habitacionais.

As análises de desempenho são discutidas de acordo com cada indicador de desempenho luminoso adotado: Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) para avaliar a suficiência da luz — este indicador leva em consideração os níveis de iluminância recomendados pela NBR 15575 (adotou-se 120 lx, considerado superior para ambientes como cozinha e sala de estar) (ABNT, 2013); além da Exposição Solar Anual (ESA), recomendada pela LM-83-12 (IES, 2012), para avaliar o potencial desconforto; e a Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA) para comparar as variáveis utilizadas.

Por fim, os resultados são discutidos levando em consideração os planos de trabalho analisados: plano de trabalho 1 (sala de estar e jantar) e plano de trabalho 2 (cozinha).

### 4.1 DESEMPENHO LUMINOSO DA UNIDADE HABITACIONAL PADRÃO

O modelo de referência consiste na unidade habitacional padrão, conforme projeto original, sem modificações. Ele foi simulado em quatro orientações, que correspondem à implantação das unidades no lote do conjunto habitacional. Os resultados para cada plano de trabalho são expostos a seguir.

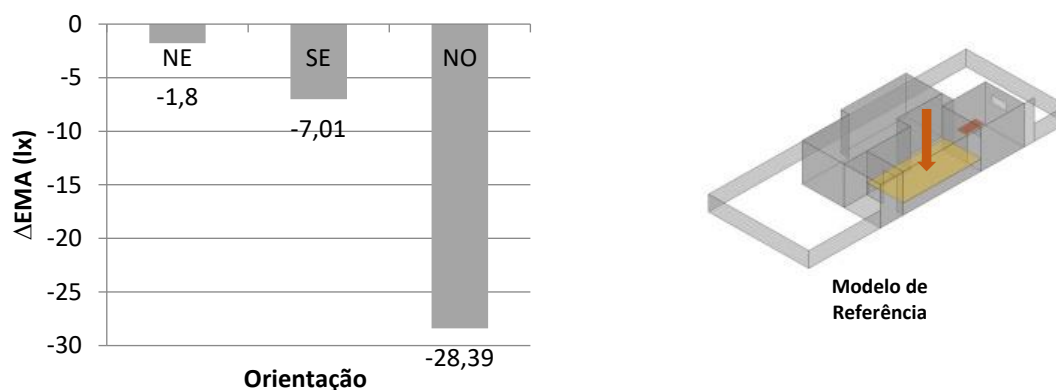
#### 4.1.1 Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA)

A Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA) foi utilizada para comparar o aproveitamento da iluminação natural no modelo de referência com diferentes orientações. Para isso, adotou-se como referência a orientação sudoeste, que apresentou maiores índices de iluminâncias em ambos os planos de trabalho, com 1.125 lx na sala de estar/jantar e 794 lx na cozinha.

#### 4.1.1.1 Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar

O Gráfico 03 mostra a Variação da Iluminância Média Anual no plano de trabalho da sala de estar/jantar. Em comparação à orientação SO, os valores diminuíram levemente nas orientações NE, com cerca de -1,8%, e no SE com -7%. Em contrapartida, a orientação NO apresentou queda significativa, chegando a -28%. Isso está relacionado com a ausência de radiação solar direta no interior da sala de estar e jantar para essa orientação, conforme exposto na máscara de sombra da Tabela 03 (ver Apêndice A). Vale destacar que a varanda posicionada à frente da janela serve como proteção solar, filtrando parte da radiação solar direta no interior da sala de estar e jantar.

**Gráfico 03** -  $\Delta$ EMA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência

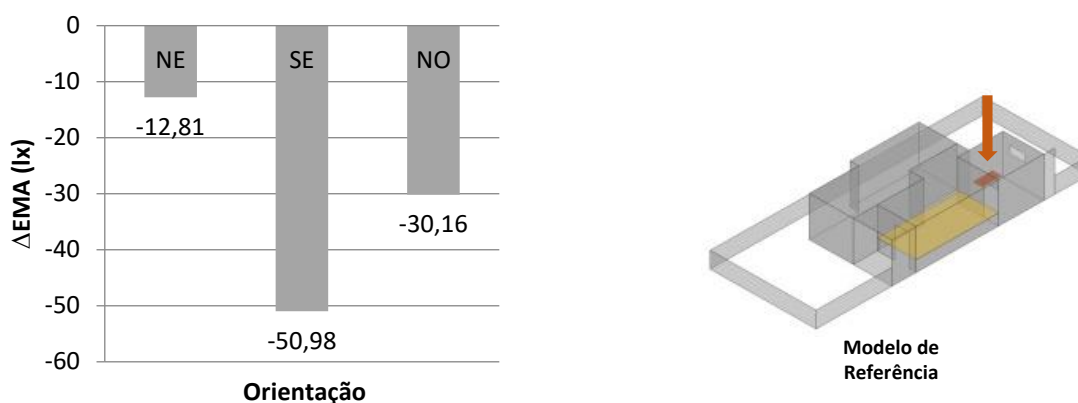


Fonte: elaboração autoral.

#### 4.1.1.2 Plano de Trabalho 2 – Cozinha

No plano de trabalho da cozinha do modelo de referência, a Variação da Iluminância Média Anual apresenta variação significativa conforme a orientação adotada, de acordo com o Gráfico 04. Na orientação NE houve queda de -12%, seguida do NO com -30% e SE com -50%.

Apesar dessa variação, constatou-se exposição solar no interior da cozinha em todas as orientações adotadas, conforme exposto na Tabela 05 do Apêndice A. Vale destacar que não há proteção solar na janela existente nesse ambiente, havendo apenas a edificação vizinha como elemento de obstrução.

**Gráfico 04** -  $\Delta$ EMA na cozinha para as diferentes orientações do modelo de referência

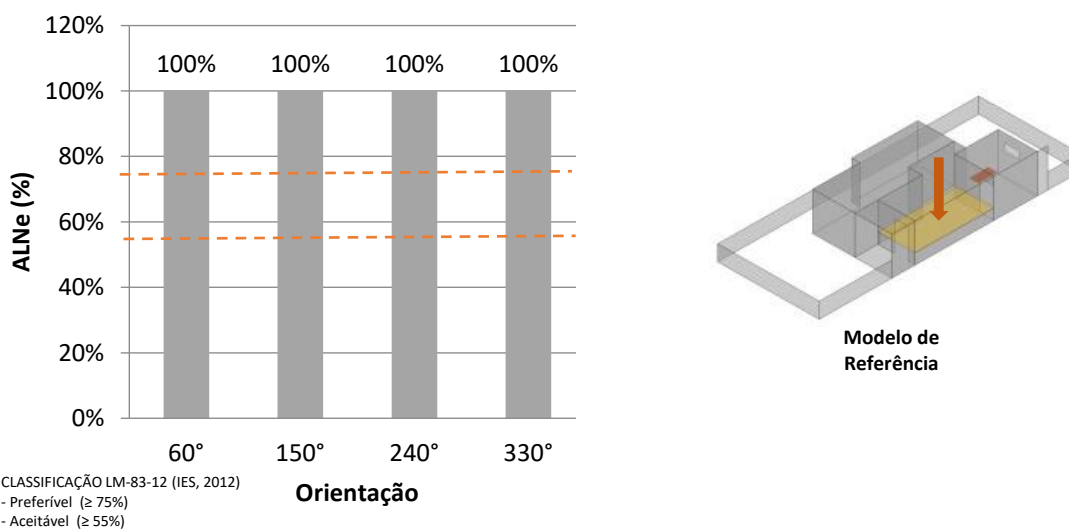
Fonte: elaboração autoral.

#### 4.1.2 Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)

A Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe) é utilizada para expressar a suficiência luminosa nos planos de trabalhos analisados para diferentes orientações.

##### 4.1.2.1 Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar

No plano de trabalho da sala de estar/jantar, a Autonomia da Iluminação Natural espacial é equivalente a 100% em todas as orientações, conforme Gráfico 05. Isso significa que, em todas as situações, as iluminâncias atingiram o valor mínimo de 120 lx em pelo menos 50% da área do plano, durante todas as horas simuladas, ou seja, desempenho “favorável”, segundo a LM-83-12 (IES, 2012).

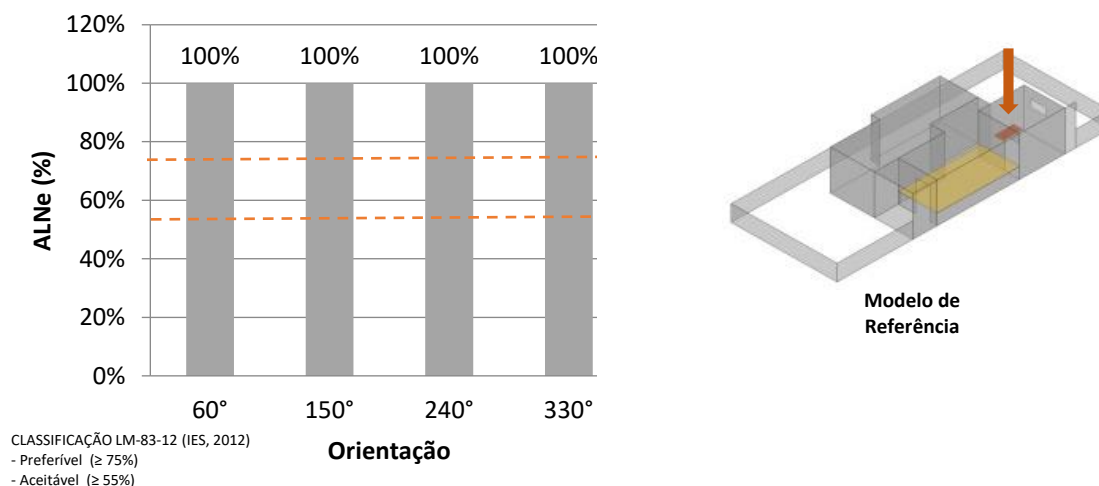
**Gráfico 05** - ALNe na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência

Fonte: elaboração autoral.

#### 4.1.2.2 Plano de Trabalho 2 – Cozinha

No plano de trabalho da cozinha as iluminâncias também atingiram ALNe igual a 100% (Gráfico 06). Assim, observa-se que a variação da orientação não influenciou na suficiência luminosa dos ambientes analisados.

**Gráfico 06** - ALNe na cozinha para as diferentes orientações do modelo de referência



Fonte: elaboração autoral.

Os resultados satisfatórios em ambos os planos de trabalho estão associados à elevada disponibilidade de iluminação natural presente nos trópicos. Outra questão que influencia nesses resultados são as dimensões das aberturas, profundidade dos ambientes e uso de materiais com tons claros, que proporcionam altos índices de refletâncias.

#### 4.1.3 Exposição Solar Anual (ESA)

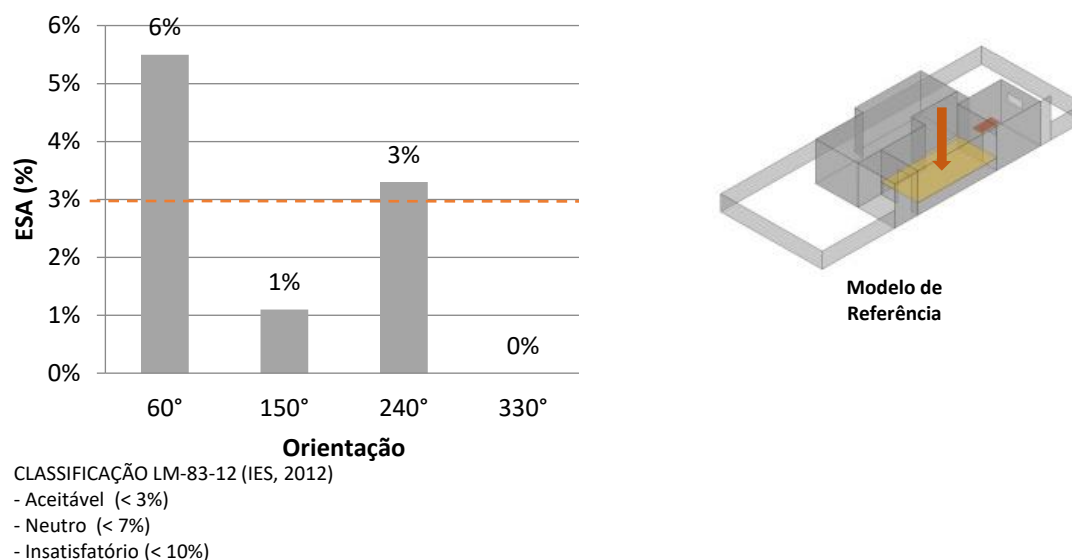
A Exposição Solar Anual é utilizada para verificar o risco potencial de radiação solar direta nos planos de trabalhos estudados. A ESA corresponde à porcentagem de uma área de análise que ultrapassa iluminância de luz solar direta equivalente a 1000 lx por mais de 250h por ano.

##### 4.1.3.1 Plano de Trabalho 1 – Sala de Estar/Jantar

O Gráfico 07 mostra que no plano de trabalho da sala de estar e jantar com orientação NE se obteve o maior valor referente à Exposição Solar Anual, chegando a 6%. A orientação SO obteve o segundo maior valor, ou seja, 3%. Apesar disso, a ESA é considerada “neutra”, pois não ultrapassa os 7% admitidos pela LM-83-12

(IES, 2012). Já nas orientações SE e NO, esse valor chegou a 1% e 0%, respectivamente. Isso significa que o desempenho é “aceitável”, pois fica abaixo dos 3%.

**Gráfico 07** - ESA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações do modelo de referência



Fonte: elaboração autoral.

#### 4.1.3.2 Plano de Trabalho 2 – Cozinha

Em contrapartida, os resultados da ESA obtidos para o plano de trabalho da cozinha foram satisfatórios em todas as orientações, pois obtiveram Exposição Solar Anual igual a 0%. Vale destacar que há incidência solar no interior desse ambiente para todas as orientações analisadas, conforme máscara de sombra da Tabela 05 do Apêndice A. Porém, os valores ficaram dentro dos limites recomendados pela LM-83-12 (IES, 2012).

## 4.2 DESEMPENHO LUMINOSO DAS UNIDADES COM REFORMAS AUTOGERIDAS

Os modelos reformados consistem nas unidades habitacionais com reformas autogeridas, representando padrões de modificações realizadas pelos moradores. Eles foram simulados em quatro orientações, que correspondem à implantação das unidades no lote do conjunto habitacional. Os resultados para cada indicador e plano de trabalho estão expostos a seguir.



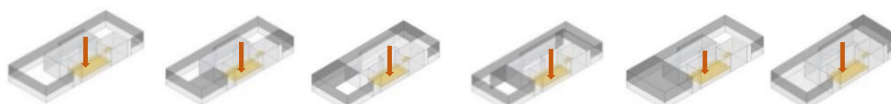
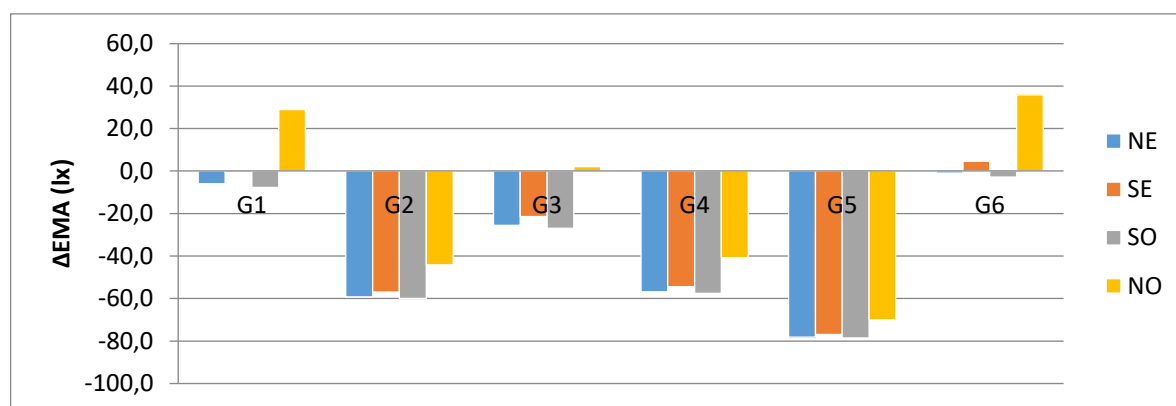
## 4.2.1 Variação da Iluminância Média Anual ( $\Delta$ EMA)

A Variação da Iluminância Média Anual é usada para comparar o modelo de referência em relação aos modelos reformados (ver tópico 2.4.5).

### 4.2.1.1 Plano de Trabalho 1 - Sala de Estar/Jantar

O Gráfico 08 apresenta os dados da  $\Delta$ EMA para o plano de trabalho da sala de estar e jantar nos modelos reformados. Observa-se que houve variação nos valores obtidos em relação ao modelo de referência.

**Gráfico 08** -  $\Delta$ EMA na sala de estar/jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados



Fonte: elaboração autoral.

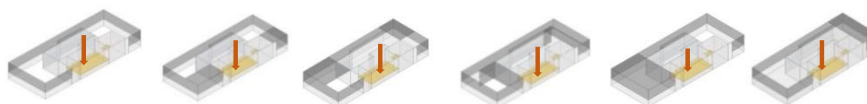
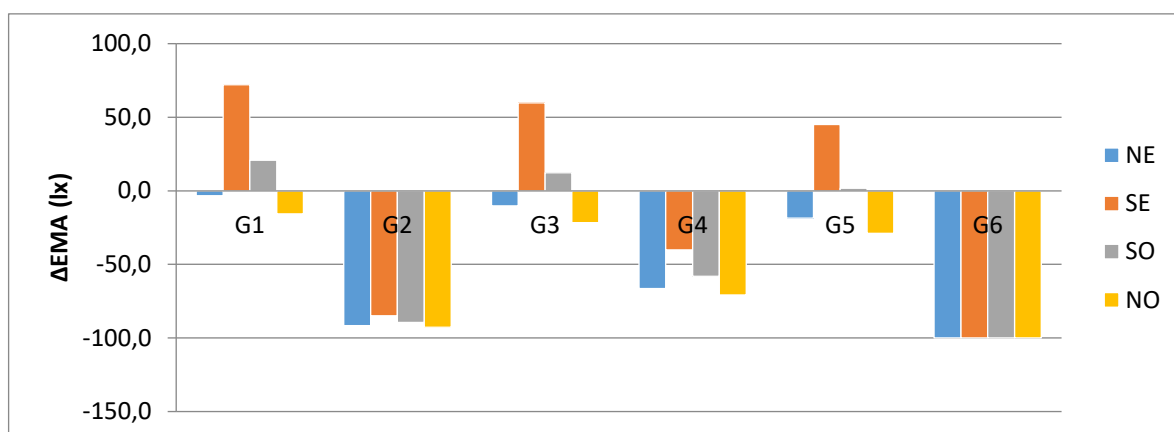
Constata-se que nos modelos G1 e G6 a variação não foi significativa na maior parte das orientações adotadas. A  $\Delta$ EMA aumentou nas orientações NO (chegando a 29% no G1 e 35% no G6), e na orientação SE do G6 (chegando a 4%). Lembrando que nesses modelos houve aumento do muro, sem ampliação frontal. Assim, o aumento nos índices de iluminância nesses casos pode estar relacionado à iluminação solar indireta proveniente do muro, que apresenta cor clara, somado à disponibilidade de luz natural nessas orientações.

Por outro lado, os modelos G2, G3, G4 e G5, que possuem ampliação frontal, apresentaram diminuição significativa. Essa diferença é mais expressiva nos modelos G2, G4 e G5, que possuem visão do céu encoberta total ou parcialmente pelos elementos de obstrução adicionados na ampliação, conforme exposto no Apêndice A. No G5, a  $\Delta$ EMA chega a -78% nas orientações NE e SO.

#### 4.2.1.2 Plano de Trabalho 2 – Cozinha

De acordo com os resultados expressos no Gráfico 09 é possível observar que houve variação significativa da  $\Delta$ EMA, de forma que nos modelos G1, G3 e G5, os percentuais variam conforme a orientação. Assim, SE e SO foram as únicas que obtiveram acréscimo da  $\Delta$ EMA nesse plano de trabalho, chegando a 72% no G1. Isso pode estar relacionado com a iluminação indireta proporcionada pelo aumento do muro, que possui cor clara. Além disso, esses modelos possuem menor comprometimento da visão de céu proveniente das obstruções.

**Gráfico 09** -  $\Delta$ EMA na cozinha para as diferentes orientações dos modelos reformados



Fonte: elaboração autoral.

Nos modelos G2, G4 e G5, onde houve maior comprometimento da visão de céu, observa-se uma expressiva diminuição da  $\Delta$ EMA. Ademais, nos modelos G2 e G6 a obstrução chega a ser total. Isso influencia diretamente nos valores da  $\Delta$ EMA, que chega a -100%. Nos modelos G2 e G4 o decréscimo nas orientações NE e SO se destacam em relação às demais.

#### 4.2.2 Autonomia da Luz Natural Espacial (ALNe)

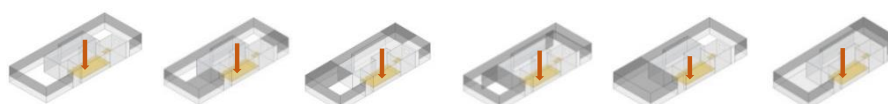
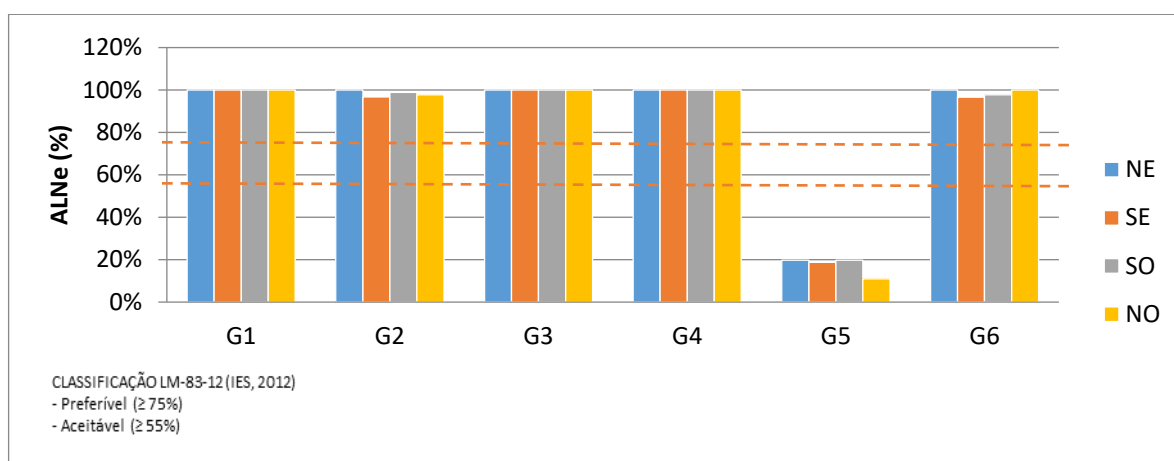
A Autonomia da Luz Natural Espacial é usada para comparar a suficiência luminosa entre o modelo de referência e os modelos com modificações. Os dados para os dois planos de trabalho dos modelos analisados estão expostos nos Gráficos 10 e 11.

#### 4.2.2.1 Plano de Trabalho 1 - Sala de Estar/Jantar

De acordo com o Gráfico 10, os resultados da ALNe para os modelos com reformas autogeridas variam consideravelmente. Pois os modelos G1, G3 e G4 não apresentaram comprometimento do desempenho luminoso do plano de trabalho, mantendo ALNe igual a 100%.

O modelo G5 apresentou maior prejuízo no desempenho luminoso, chegando a 11% na orientação NO. Isso está relacionado à ampliação total na parte frontal, que compromete a visão da abóbada celeste. De acordo com as faixas de classificação da ALNe, o desempenho neste modelo torna-se “insuficiente”, pois apresenta valor inferior a 55%.

**Gráfico 10** - ALNe na sala de estar/jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados



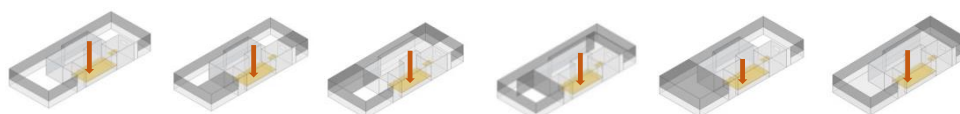
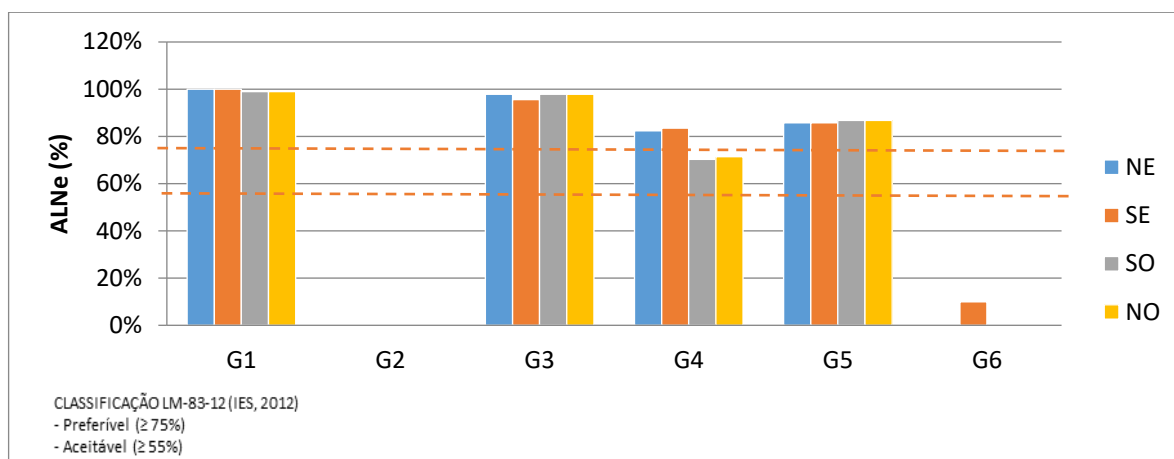
Fonte: elaboração autoral.

#### 4.2.2.2 Plano de Trabalho 2 - Cozinha

De acordo com o Gráfico 11 houve variação entre 0% e 100% para os dados da ALNe no plano de trabalho da cozinha. Observa-se que nos modelos G2 e G6 a queda desses valores é mais expressiva em relação ao projeto original, chegando a -100%. Esperava-se esse desempenho devido à obstrução proveniente da ampliação total na parte posterior da unidade habitacional. No modelo G6, a orientação SE foi a única que obteve resultado diferente de 0%, mas não o suficiente para alcançar desempenho luminoso “aceitável”.

Em contrapartida os modelos G1, G3 e G5 apresentam desempenho “favorável”, pois seus valores variam entre 86% e 98%, ficando acima dos 75% recomendados pela IES. Enquanto no modelo G4 há maior variação entre as orientações, onde SO e NO ficam abaixo dos 75%, se caracterizando como desempenho “aceitável”.

**Gráfico 11 - ALNe na cozinha para as diferentes orientações dos modelos reformados**



Fonte: elaboração autoral.

### 4.2.3 Exposição Solar Anual (ESA)

A Exposição Solar Anual é usada para comparar o potencial desconforto causado por iluminação solar direta nos planos de trabalho da sala de estar e jantar dos diferentes modelos.

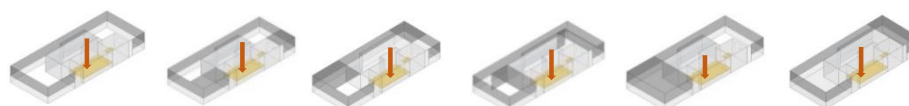
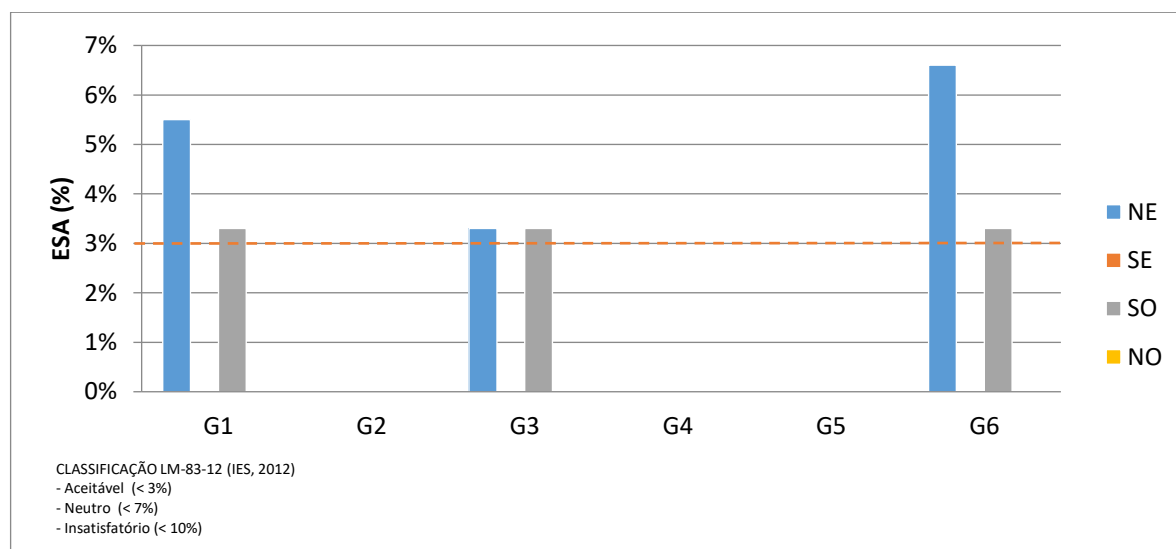
#### 4.2.3.1 Plano de Trabalho 1 - Sala de Estar/Jantar

Conforme observado no Gráfico 12, a Exposição Solar Anual ficou acima de 0% e abaixo de 7% no plano de trabalho da sala de estar/jantar dos modelos G1, G3 e G6. Esses valores dizem respeito apenas às orientações NE e SO. Isso significa que a exposição solar no interior desses ambientes é considerada “neutra”.

Nas demais orientações e nos modelos G2, G4 e G5, os valores permaneceram na faixa de 0%. Alcançando níveis de insolação direta “aceitável”, conforme recomendado pela LM-83-12 (IES, 2012).

Nota-se que apesar das modificações não houve aumento significativo da Exposição Solar Anual no plano de trabalho analisado. Os modelos G2, G4 e G5, que obtiveram ampliação parcial ou total na parte frontal, foram aqueles que apresentaram resultados mais positivos. Já os modelos que não possuem proteção solar mantiveram valores próximos aos apresentados no modelo de referência.

**Gráfico 12** - ESA na sala de estar/ jantar para as diferentes orientações dos modelos reformados



Fonte: elaboração autoral.

#### 4.2.3.2 Plano de Trabalho 2 - Cozinha

No plano de trabalho da cozinha, constatou-se que a ESA possui índice igual a 0% em todos modelos e orientações analisadas. Isso significa que os níveis de exposição solar direta nessa situação são considerados “aceitáveis”.

É preciso salientar que apenas o modelo G6 possui obstrução total da abóbada celeste. Nos demais modelos há variação da visão de céu, conforme visto nas Tabelas 06 e 07 do Apêndice A, o que provoca exposição solar em determinados dias e horários. Porém, de acordo com a classificação de desempenho da ESA, esse níveis de iluminância são aceitáveis.

Novamente, observa-se que após as modificações, não houve aumento considerável da ESA. O que já é esperado, pois no modelo de referência, que possui menos obstruções em relação aos demais, esse indicador possui valor igual a 0% em todas as orientações implantadas.

### 4.3 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO LUMINOSO DAS UNIDADES HABITACIONAIS ANTES E DEPOIS DAS INTERVENÇÕES AUTOGERIDAS

De acordo com os resultados dos tópicos 4.1 e 4.2, é possível comparar o desempenho da iluminação natural em espaços de permanência prolongada antes e após reformas autogeridas. A discussão dos resultados para cada modelo reformado é apresentada a seguir.

#### 4.3.1 Grupo 01

O Grupo 01 envolve modificações referentes ao aumento do muro no projeto original. No plano de trabalho da sala de estar/jantar do G1 a Variação da Iluminância Média Anual não foi significativa na maior parte das orientações adotadas. A  $\Delta$ EMA aumentou apenas na orientação NO, chegando a 29%. Nas orientações NE e SO houve leve queda, de até -7%. Enquanto que SE não apresentou variação. Por outro lado, no plano de trabalho da cozinha, SE e SO foram as únicas que obtiveram acréscimo da  $\Delta$ EMA, chegando a 72%. NE e NO apresentaram leve queda, chegando a -15%.

Em relação à ALNe na sala de estar/jantar, não houve comprometimento do desempenho luminoso, mantendo percentual igual a 100%. Na cozinha houve queda de apenas 1% nas orientações SO e NO. Quanto à Exposição Solar Anual, na sala de estar e jantar houve variação apenas nas orientações NE e SO, com 3% e 6%, respectivamente. A cozinha não apresentou variação, registrando percentual igual a 0%.

Com base nos dados levantados, percebe-se que a mudança proposta não causou prejuízos consideráveis no desempenho luminoso dos planos de trabalhos analisados, pois os valores não ficaram abaixo daqueles recomendados pela LM-8312 (IES, 2012).

#### 4.3.2 Grupo 02

O Grupo 02 apresenta ampliação na lateral direita frontal e posterior da unidade habitacional. Efeito que causa obstrução total das aberturas em ambos os planos de trabalho.

No plano de trabalho da sala de estar/jantar houve diminuição significativa da  $\Delta$ EMA, chegando a -60% na orientação SO. Na cozinha, esta orientação também apresentou queda considerável, chegando a -91%, assim como NO com -92%.

A ALNe na sala de estar/jantar obteve queda de -3% em SE, -1% em SO, -2% em NO e 0% em NE. Na cozinha, o prejuízo em relação a essa métrica foi mais expressivo, pois chegou a -100% em todas as orientações.

A ESA, em ambos os planos de trabalho, é equivalente a 0%. Isso significa que não houve aumento em relação ao modelo de referência, que apresentou máximo de 6% apenas no plano de trabalho da sala de estar/jantar.

#### **4.3.3 Grupo 03**

O Grupo 03 possui ampliação na lateral esquerda frontal e posterior da unidade habitacional, permitindo menor obstrução do céu em ambas as aberturas.

Na sala de estar/jantar houve aumento da  $\Delta$ EMA apenas na orientação NO, com 2%. Nas demais orientações (NE, SE e NO) houve queda do percentual, chegando a -26%. Na cozinha, as orientações SE e SO apresentaram ganhos, com 59% e 12%, respectivamente. Enquanto as orientações NE e NO apresentaram perda de desempenho, com -10% e -21%, cada.

Os resultados da ALNe no G3 mostram que não houve perda ou ganho de desempenho na sala de estar e jantar, pois os valores apresentam 100%, como no modelo de referência. Em contrapartida, a cozinha apresentou 96% em SE e 98% nas demais orientações.

Na sala de estar e jantar a ESA atingiu percentual igual a 3% nas orientações NE e SO. Nas demais orientações (SE e NO) os valores equivalem a 0%. No Plano de trabalho da cozinha a ESA também se manteve em 0%, como no projeto original.

#### **4.3.4 Grupo 04**

O Grupo 04 possui ampliação parcial, tanto na parte frontal quanto na parte posterior. Essas alterações provocaram diminuição da visão da abóbada celeste em ambos os planos de trabalho analisados.

Os resultados da  $\Delta$ EMA para os planos de trabalho do G4 apresenta comportamento semelhante ao do G2, que possui ampliação na lateral direita frontal e posterior da residência. Em todas as orientações houve queda das iluminâncias se comparadas ao modelo de referência, chegando a -57% na orientação SO do plano de trabalho da sala de estar/jantar. Na cozinha, a queda chegou a -70% na orientação SO.

No que diz respeito a ALNe, os valores se mantiveram em 100% para a sala de estar e jantar, como no projeto original. Em contrapartida, a cozinha apresentou queda, registrando até 70% em SO. Em relação à ESA, os valores se mantiveram em 0% em todas as orientações nos dois planos de trabalho.

#### **4.3.5 Grupo 05**

O Grupo 05 possui alterações apenas na parte frontal da residência, chegando a cobrir todo o recuo frontal, o que compromete a visão de céu da abertura no plano de trabalho da sala de estar/jantar. Devido a isso, o G5 apresentou as maiores quedas referentes à  $\Delta$ EMA. As orientações NE e SO chegaram a -78% na sala de estar/jantar. Já na cozinha, que não possui ampliação, as perdas foram mínimas, com -28% em NO e ligeiro aumento em SE, com 45%.

De acordo com os dados levantados, a ALNe na sala de estar/cozinha registrou queda considerável nos valores que ficaram em torno de 11% e 20%. Na cozinha as orientações NE e SE ficaram com 86% e SO e NO com 87%. Para a ESA, os valores permanecem em 0% em todas as orientações, nos dois planos de trabalho.

#### **4.3.6 Grupo 06**

Ao contrário do Grupo 05, o Grupo 06 possui ampliação total na parte posterior e não possui ampliação na parte frontal. Assim, a abertura da cozinha possui a visão de céu prejudicada. Os dados de  $\Delta$ EMA enfatizam isso, pois no plano de trabalho da cozinha a queda dos percentuais chegou a -100%. Enquanto que na sala de estar/jantar houve prejuízo de apenas -2% em SO e ligeiro aumento nas orientações SE e NO, que alcançou 35%.

No Plano de trabalho da sala de estar/jantar a ALNe obteve uma leve queda na orientação NE, com 97%, e em SO, com 98%. Na cozinha apenas SE obteve valor acima de 0%. As demais orientações tiveram perda total no desempenho. Por fim, a ESA na sala de estar/jantar ficou com 7% em NE, 3% em SO e 0% em SE e NO.



#### 4.3.7 Avaliação Global

Com relação à avaliação do desempenho da iluminação natural no plano de trabalho da sala de estar/jantar da unidade, conforme projeto original, foi possível constatar que a  $\Delta$ EMA da orientação NO apresentou maior queda nos valores se comparado com a orientação SO, chegando a -28%. No plano de trabalho da cozinha a orientação SE registrou maior queda, com cerca de -50%.

A ALNe apresentou desempenho “favorável” igual a 100% em todos os planos de trabalho. Isso significa que em todas as situações as iluminâncias atingiram o valor mínimo de 120 lx em pelo menos 50% da área do plano, durante todas as horas simuladas. Os resultados satisfatórios estão associados à elevada disponibilidade de iluminação natural presente nos trópicos. Em relação à ESA, na sala de estar/jantar os valores não ultrapassaram os 7%. Assim como na cozinha, que permaneceu com 0% em todas as orientações.

Observa-se que o desempenho luminoso em ambos os planos de trabalhos analisados do projeto original é satisfatório, pois tanto a ALNe quanto a ESA apresentam valores dentro daqueles recomendados pelo LM-83-12 (IES, 2012).

A respeito da  $\Delta$ EMA nas unidades habitacionais com reformas autogeridas, no plano de trabalho da sala de estar e jantar houve diminuição significativa nos modelos G2, G3, G4 e G5, que possuem ampliação frontal. No plano de trabalho da cozinha houve uma expressiva diminuição nos modelos G2, G4 e G5, onde há maior comprometimento da visão de céu.

Os resultados da ALNe para a sala de estar e jantar nos modelos reformados chegam a 100% nos modelos G1, G3 e G4 e 11% no modelo G5, onde houve maior prejuízo no desempenho luminoso. Na cozinha houve variação entre 0% e 100% para os dados da ALNe.

Nos modelos reformados não houve variação significativa da Exposição Solar Anual para ambos os planos de trabalho. De forma que na sala de estar e jantar a ESA variou entre 0% e 7%. Na cozinha, os valores permaneceram 0% em todos os modelos e orientações. Isso significa que a exposição solar no interior desse ambiente é considerada “aceitável”.

Com base nos resultados obtidos para os modelos reformados, é possível cruzar os valores para cada métrica e orientação adotada. A Tabela 01 sintetiza os ganhos e perdas dos modelos G1 a G6 em relação ao modelo de referência (projeto original).

**Tabela 01** - Síntese dos resultados obtidos para cada modelo reformado em comparação com o modelo de referência

| Grupo | $\Delta$ EMA |    |    |    |         |    |    |    | ALNe         |    |    |    |         |    |    |    | ESA          |    |    |    |         |    |    |    | Síntese      |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
|-------|--------------|----|----|----|---------|----|----|----|--------------|----|----|----|---------|----|----|----|--------------|----|----|----|---------|----|----|----|--------------|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|
|       | Estar/Jantar |    |    |    | Cozinha |    |    |    | Estar/Jantar |    |    |    | Cozinha |    |    |    | Estar/Jantar |    |    |    | Cozinha |    |    |    | Estar/Jantar |    |    |    | Cozinha |    |    |    |    |    |    |    |
|       | NE           | SE | SO | NO | NE      | SE | SO | NO | NE           | SE | SO | NO | NE      | SE | SO | NO | NE           | SE | SO | NO | NE      | SE | SO | NO | NE           | SE | SO | NO | NE      | SE | SO | NO | NE | SE | SO | NO |
| G1    | 0            | 6  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| G2    | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| G3    | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| G4    | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| G5    | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| G6    | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| Legenda  |   |
|----------|---|
| Positivo | 0 |
| Neutro   | 0 |
| Negativo | 0 |

Fonte: elaboração autoral.

De acordo com os modelos analisados, o Grupo 01 obteve melhor desempenho, pois teve resultados satisfatórios no plano de trabalho da sala de estar e jantar e na cozinha. Isso significa que o aumento do muro não provocou prejuízo no desempenho luminoso desses espaços. Inclusive houve aumento de Iluminâncias Médias Anuais em algumas orientações. Em contrapartida, o modelo G5, que possui ampliação na parte frontal, obteve o pior desempenho na sala de estar e jantar. Isso se deve ao fato de que há obstrução total da visão de céu na abertura desse ambiente, causado pela ampliação. Por outro lado, os modelos G2, G4 e G6, que apresentam em comum ampliação parcial ou total na parte posterior, apresentam desempenho insatisfatório no plano de trabalho da cozinha. Em geral, o modelo G5 possui o pior desempenho, se considerado o desempenho por orientação (Tabela 01), pois há valores negativos em ambos os planos de trabalho.

Em relação às métricas adotadas, a ESA obteve resultados mais satisfatórios, principalmente no plano de trabalho da cozinha, que obteve 0% em todas as orientações como no projeto original. Apenas a orientação NE da sala de estar obteve aumento, chegando a 6%.

Por outro lado, a  $\Delta$ EMA obteve maiores perdas se comparada ao modelo de referência, principalmente no G2 e G4, que apresentaram percentuais abaixo de 0% em ambos os planos de trabalho. Além disso, G3 e G5 também obtiveram resultados

negativos em todas as orientações da sala de estar. O modelo G6 obteve maior queda, chegando a -100% no plano de trabalho da cozinha.

Em relação à ALNe, os modelos G1 e G3 foram os únicos que apresentaram resultados neutros nos dois planos de trabalho. O modelo G5 obteve o pior desempenho, pois apresenta resultado negativo na sala de estar/jantar e cozinha. Outros modelos que apresentaram prejuízo foram G2, G4 e G6, mas apenas no plano de trabalho da cozinha.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou a influência de reformas autogeridas no desempenho da iluminação natural em unidades habitacionais de um conjunto residencial localizado em Maceió. Para isso, buscou-se avaliar e comparar o desempenho da luz natural em espaços de permanência prolongada de unidades habitacionais, antes e depois de intervenções autogeridas. Assim, foram gerados modelos representando a unidade habitacional padrão, conforme projeto original, e unidades reformadas. Em seguida foram realizadas simulações com auxílio do software TropLux 8. Os dados foram processados por meio de planilhas, levando em consideração os indicadores  $\Delta$ EMA, ALNe e ESA, conforme recomendações da LM-8312 (IES, 2012).

Através da análise dos dados constata-se que o projeto original já apresenta um bom desempenho e que modificações na estrutura original do muro e cobertura, paralelas à sala de estar/jantar e cozinha, alteram negativamente os níveis de iluminância, assim como a suficiência luminosa e exposição solar no plano de trabalho desses espaços. Todavia, apenas o aumento do muro apresentou melhoras em relação à  $\Delta$ EMA. Isso está relacionado com a reflexão das superfícies, que possuem cor clara.

Após o cruzamento dos dados dos modelos reformados em relação ao modelo de referência, observa-se que o Grupo 1 (que representa unidades com aumento do muro) obteve melhor desempenho, pois teve resultados satisfatórios em ambos os planos de trabalho. Em contrapartida, o modelo G5 (que representa unidades com ampliação na parte frontal) obteve o pior desempenho na sala de estar e jantar. Enquanto que os modelos G2 e G4 (ambos com ampliação parcial na parte frontal e posterior), assim como G6 (com ampliação na parte posterior das unidades), apresentam desempenho insatisfatório no plano de trabalho da cozinha. Em geral, o modelo G5 possui o pior desempenho, se considerado o desempenho por orientação, pois há valores negativos em ambos os planos de trabalho.

A partir desses dados, nota-se que os empreendimentos desenvolvidos em massa, com o intuito de minimizar o déficit habitacional, usam projetos padronizados que replicam os espaços a serem usados por diversos perfis familiares. Embora essa seja uma solução adotada para acesso à moradia e conquista da casa própria por parte dos beneficiários dos programas habitacionais, há aspectos subjetivos que os levam a modificarem suas residências. Assim, o desempenho luminoso, que se

apresenta satisfatório no projeto original, sofre prejuízos com as modificações, que comprometem a visão de céu das aberturas.

Constata-se que a obstrução da abóbada celeste é a principal causa da diminuição no desempenho luminoso dos planos de trabalhos analisados e que parte desse prejuízo pode ser minimizada com a adoção de estratégias projetuais como o uso de elementos vazados, varandas, aberturas laterais ou zenitais e proteções solares fixas ou flexíveis. Esses elementos podem ser mais bem aplicados com a orientação de profissionais habilitados, que podem prestar consultoria aos moradores, propondo intervenções mais assertivas, por meio de análises criteriosas da edificação. Para isso, é importante que o acesso desses profissionais seja incrementado por meio de ações e investimentos orçamentários por parte dos órgãos públicos, tomando como base a lei de assistência técnica (BRASIL, 2008).

Portanto, esse trabalho constatou o impacto de reformas autogeridas no desempenho luminoso de unidades habitacionais de interesse social, de forma a ampliar a discussão sobre a utilização de projetos padronizados e as consequências de sua implantação para diversos perfis familiares, levando em consideração aspectos como o desempenho da luz natural. Essa discussão é importante para auxiliar em tomadas de decisões acerca da produção de empreendimentos sob a luz do habitar.

## 5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram constatadas algumas limitações no que diz respeito à abrangência e/ou aplicabilidade dos resultados obtidos. Assim, o estudo limita-se a uma única tipologia de unidade habitacional de um conjunto localizado em Maceió.

Destaca-se que o trabalho foi realizado num período atípico, decorrente da pandemia do COVID-19. Por isso, foram usadas ferramentas de acesso remoto para análise das unidades reformadas, como o Google Street View. Essa solução trouxe algumas limitações como a ausência de dados subjetivos dos usuários e levantamentos técnicos da parte interna das unidades habitacionais. Por outro lado, foi possível ter uma análise macro das reformas, possibilitando maior agilidade no levantamento externo às edificações. Assim, foram consideradas apenas as

reformas externas, sem alterações no plano de trabalho original das unidades habitacionais.

Questões subjetivas, como o uso de janelas pelos moradores associada à privacidade e segurança, motivos da realização das reformas e problemas específicos relacionados ao projeto, não puderam ser relatadas. Dentre outras questões de uso dos espaços que afetam a condição de iluminação natural.

Outra limitação está relacionada à divisão dos planos de trabalho. Enquanto na cozinha foi usado o plano de trabalho fixo da pia e bancada, na sala foi usada toda a área ocupada. Essa solução foi adotada devido à flexibilidade de uso do espaço, que pode sofrer alterações no layout por parte do usuário. Mas também podem ser usados planos de trabalhos separados, como a área ocupada pela mesa de jantar e sofá.

Com base na temática abordada neste trabalho, novos estudos podem ser realizados, tais como: adotar novas configurações de reforma, inclusive aquelas internas à edificação; verificar novas formas de implantação e entorno das unidades habitacionais; usar outros tipos de materiais nas superfícies, com variação nas refletâncias ou transmitância do vidro das aberturas; e abordar o uso de diferentes elementos de proteção solar nas aberturas.

## REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. K. **Introdução à Gestão Habitacional**. São Paulo: EPUSP, 1995. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00012.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf). Acesso em: 26 maio 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: Iluminação natural – Parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais: Desempenho – Parte I, Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ALAGOAS. Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. **Estudo da autoconstrução em Alagoas**. Maceió: SEPLAG, 2015.
- AMORE, C. S.; SHIMBO, L. Z.; RUFINO, M. B. C. **Minha casa... e a cidade?** Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.
- AMORIM, J. A.; BARROS, B. R.; SANTOS, D. C. V. Reforma na habitação de interesse social: diagnóstico de um conjunto residencial do semiárido nordestino. *In*: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5., 2013, Curitiba. **Anais** [...]. Porto Alegre: Antac, 2013. p. 1-10.
- AMORIM, C. N. D.; CINTRA, M. S.; SUDBRACK, L. O.; CAMOLESI, G. E.; SILVA, C. Simulação de Iluminação Natural em Cidades Brasileiras: A Influência da Profundidade dos Ambientes Residenciais. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2011, Búzios. **Anais** [...]. Porto Alegre: Antac, 2011. p. 1-10.
- BALTHAZAR, R. D. S. **A permanência da autoconstrução**: um estudo de sua prática no Município de Vargem Grande Paulista. 2012. 147 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A., STEEMERS, K. **Daylighting in architecture**: a European reference book. London: James & James, 1993.
- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió: Edufal, 2004.
- BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. Significado multidimensional e dinâmico do morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 35-48, out./dez. 2003. ISSN 1415-8876.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020].

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 26 maio 2021.

BRASIL. **Lei 10.257 de 10 de julho de 2001**: Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2001.

BRASIL. **Lei 11.124, de 16 de junho de 2005**. Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm). Acesso em: 18 ago. 2020.

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/l11888.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11888.htm). Acesso em: 18 ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.977 de 07 de julho de 2009**. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Brasília, DF: Presidência da República, 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm). Acesso em: 26 maio 2021.

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.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14118.htm). Acesso em: 26 maio 2021.

BONDUKI, N. G. **Origens da habitação social no Brasil (1930-1945)**: o caso de São Paulo. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

BUENO, L. M. M. **Projeto e favela**: metodologia para projetos de urbanização. 2000. 362p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CABÚS, R. C. **Tropical daylighting**: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil. 2002. 289p. Tese (Doutorado) – School of Architecture, University of Sheffield, Sheffield, 2002.

CABÚS, R. C. TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2005, Maceió. **Anais** [...]. Porto Alegre: Antac, 2005. p. 240-249.



CABÚS, R. C. **TropMask 5**. Titulares: Universidade Federal de Alagoas, Instituto Lumeeiro. BR512017000563-0. Criação: 03/05/2017. Registro: 13/06/2017.

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.

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A. Do Fim do BNH ao Programa Minha Casa Minha Vida: 25 Anos da política habitacional no Brasil. *In: O Programa Minha Casa Minha Vida e seus efeitos territoriais*. 10. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013.

CAU/BR – CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Pesquisa CAU/BR Datafolha**. Brasília, DF: CAU/BR, 2015. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/>. Acesso em: 26 maio 2021.

CAVALCANTI, V.; FARIA, G.; COSTA, V.; SILVA, L.; MOURA, L. Empreendimentos e Ações Públicas e Privadas em Maceió (AL) no Início do Milênio. **Paisagem e Ambiente**: ensaios, São Paulo, v. 1, n. 36, p. 11-33, 2015. ISSN 2359-5361.

CONTRATO ENGENHARIA. **Obras Concluídas**: Residencial Jardim Royal. Maceió, 2012. Disponível em: [http://www.contratoengenharia.com.br/obras\\_concluidas.php?id\\_obra=36](http://www.contratoengenharia.com.br/obras_concluidas.php?id_obra=36). Acesso em: 13 set. 2019.

COSTA, I. P. C. **Influência de Muros Vazados Laminados no Desempenho da Ventilação Natural em Habitações de Interesse Social**. Maceió, 2017. 242p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

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.

DANIELESKI, C. B.; OLIVEIRA, M. F.; MEDEIROS, D. R. Avaliação do desempenho da luz natural em ambientes residenciais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019012, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652735>. Acesso em: 19 ago. 2020.

DIDONÉ, E. L. **A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC**. Florianópolis, 2009. 174p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 9.; *ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 5., Ouro Preto, 2007. **Anais** [...]. Porto Alegre: Antac, 2007. p. 165-174.

FERREIRA, M. B. Autoconstrução e Autogestão Habitacional no Brasil: um estudo comparativo em dois períodos: 1975-1986 e 2004-2018. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL*, 18., Natal, 2019. **Anais** [...]. São Paulo: ANPUR, 2019. p. 1-19.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional e inadequação de Moradias no brasil**: principais resultados para o período de 2016 a 2019. Belo Horizonte: FJP, [2021]. Disponível em: [http://novosite.fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/04.03\\_Cartilha\\_DH\\_compressed.pdf](http://novosite.fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/04.03_Cartilha_DH_compressed.pdf). Acesso em 26 maio 2021.

GARCIA, G.; RESENDE, S. Senado aprova criação do programa habitacional Casa Verde Amarela. **G1**, [Rio de Janeiro], 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/noticia/2020/12/08/senado-aprova-criacao-do-programa-habitacional-casa-verde-amarela.ghtml>. Acesso em 26 maio 2021.

GOOGLE. **Google Street View**. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Res.+Jardim+Royal,+Macei%C3%B3+-+AL/@-9.5342673,-35.7802891,251m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x70137d191db5291:0x1b4c87f8894222ce!8m2!3d-9.5346555!4d-35.7775328>. Acesso em: jun. 2020.

GROAT, L, N.; WANG, D. **Architectural research methods**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 2013.

IES – ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. **LM-83-12 – Approved method**: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York: IES, 2012.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Consulta Pública nº 18, de 12 de julho de 2021**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002807.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

KEELER, M.; BURKE, B. **Projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; GRANJA, A. D.; MOREIRA, D. C.; SILVA, A. M.G. P.; OLIVA, C. A.; CASTRO, M. R. As Pesquisas Sobre “Minha Casa Minha Vida” e o Conforto Ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2015, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2015. p. 1-10.

LEDER, S. M. **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade de luz natural.** 2007. 241p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LIMA, E. F. C. **Elementos vegetais na simulação digital da luz natural: contribuição ao desenvolvimento de modelos tridimensionais virtuais.** 2014. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

LIMA, K. M.; BITTENCOURT, L. S. Efeito do espaçamento, inclinação e refletância de brises horizontais com mesma máscara de sombra na iluminação natural e ganhos térmicos em escritórios em Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., Juiz de Fora, 2012. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2012. p. 3596-3604.

LINS, D. L. M. S. **A influência da varanda no aproveitamento da iluminação natural na arquitetura residencial vertical no trópico úmido.** 2018. 167p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

LUZ, Bruna. **Distribuição da luz natural a partir de dutos de luz.** 2014. 287 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2014.

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 03 out. 2021.

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%C3%93DIGO-DE-URBANISMO-E-EDIFICA%C3%87%C3%95ES-DO-MUNIC%C3%8DPIO-DE-MACEI%C3%93.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

MARROQUIM, F. M. G. **Avaliação pós-ocupação de unidades residenciais modificadas de um conjunto habitacional em Maceió-AL:** Flexibilidade, dimensionamento e funcionalidade dos ambientes. 2007. 174 p. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

MARROQUIM, F. M. G.; BARBIRATO, G. M. Inserção urbana e análise dimensional das habitações de interesse social em Maceió – AL entre os anos de 1964 e 2014. *In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL*, 7., Maceió, 2016. **Anais [...]**. Maceió: PLURIS, 2016. p. 1-19.

MELO, T. S. **Por que comprar uma nova casa?** Contradições entre as necessidades habitacionais dos mais pobres e a implementação do Programa Minha Casa Minha Vida. Maceió, 2017. 242p. Tese (Doutorado em Cidades) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

MELO, T. S. Moradia dos mais pobres e o Programa Minha Casa Minha Vida: Um estudo sobre Maceió, Alagoas. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL*, 18., Natal, 2019. **Anais [...]**. São Paulo: ANPUR, 2019. p. 1-25.

MOURA, N. C. S. **Segurança, eficiência energética e conforto visual em emboques de túneis rodoviários:** soluções arquitetônicas. 2007. 381 p. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2007.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: a new paradigm for assessing daylight in building. **Lighting Research & Technology**, London, v. 37, n. 1, p. 41-59, 2005. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1191/1365782805li128oa>. Acesso em: 26 maio 2021.

NASCIMENTO, T.; BATISTA, J. Avaliação da abordagem normativa da NBR 15575 para desempenho lumínico: estudo de caso em Maceió-AL. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 16., São Paulo, 2016. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2016, p. 1297-1309.

NETTO, A. R. A. **Melhoria no desempenho lumínico e energético de edifícios com prateleiras de luz.** 2015. 151p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

NYCOLAAS, R. **A Autogestão no Programa Minha Casa Minha Vida – Entidades:** Casos do Fórum de Cortiços e do Movimento Pró-Moradia Mário Lago. 2017. 191p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PASSOS, I. C. S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas:** estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. Maceió, 2009. 175p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-

Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

PASSOS, I.; LAMENHA, M; CABÚS, R. Análise comparativa entre desempenho luminoso e eficiência energética utilizando o TropLux. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2014. p. 53-62.

PRONI, M. W.; FAUSTINO, R. B. Avanços e limites da política de desenvolvimento urbano no Brasil (2001-2014). **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 46, jan./jun. 2016.

QUIRINO L.; VAZ Y.; LEDER, S. Iluminação natural na habitação de interesse social: proposta de abertura em diferentes localidades no Brasil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 14.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., Balneário Camboriú, 2017. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2017. p. 1850-1858.

RIBEIRO, P. V. S.; CABÚS, R. C. Análise da influência da malha de pontos em índices de avaliação de desempenho da luz natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 317-333, out./dez. 2019. ISSN 1678-8621. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v19n4/1678-8621-ac-19-04-0317.pdf>. Acesso em 23 out. 2020.

RIBEIRO, P. V. S.; CABÚS, R. C.; Estudo do Ângulo de Aplicação de Painéis Prismáticos Tipo *Laser Cut* em Ambiente nos Trópicos. *In: ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, 13.; ELACAC – Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 9., 2015, Campinas. **Anais [...]**, 2015. p. 1-10.

RODRIGUES A. P. C.; DINIZ, M. F. B. G. Desempenho lumínico em habitações de interesse social: impactos na admissão da luz natural em ambientes internos diante do uso de esquadrias opacas e das intervenções no entorno. *In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., João Pessoa, 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2019. p. 2756-2765.

ROSA, S. **Indicadores de sustentabilidade urbana aplicados em conjuntos habitacionais de Catalão/Goiás**. 2008. 208p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SÁ, V. R. C. A cidade produzida pelo Programa Minha Casa Minha Vida - Maceió/AL. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL*, 18., Natal, 2019. **Anais [...]**. São Paulo: ANPUR, 2019. p. 1-25.

SANTOS, I. G.; AUER, T.; SOUZA, R. V. G. Optimized indoor daylight for tropical dense urban environments. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 3,

p.87-102, jul. 2017. ISSN 1678-8621. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/pdf/ac/v17n3/1678-8621-ac-17-03-0087.pdf>. Acesso em 10 maio 2020.

SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão de literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 8, n. 16, p. 20-45, jul./dez. 2016. ISSN 1617-4522. Disponível em:  
<https://seer.ufrgs.br/sociologias/issue/view/511>. Acesso em 21 nov. 2021.

TASCHNER, S. P. Política habitacional no Brasil: Retrospectivas e perspectivas. **Cadernos de pesquisa do LAP**. São Paulo: FAU/USP, n. 21, set./out. 1997.

TECHIO L. M.; GRIGOLETTI, G. C.; CLARO, A.; ZAMBONATO, B. Avaliação da iluminação natural através da perspectiva o usuário: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., João Pessoa, 2019. **Anais [...]**. Porto Alegre: Antac, 2019. p. 2687-2696.

TEGRENZA, P.; LOE, D. **The Design of lighting**. London: Spon Press, 1988.

TOLEDO, A. M.; CAVALCANTE, M. C. Contribuição da consultoria ambiental na fase de projeto: desempenho de iluminação natural em apartamentos com foco no setor de serviço. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., Balneário Camboriú, 2017. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2017, p. 1879-1888.

VASCONCELLOS, L. **Luz natural e latitude**: a influência da localização geográfica no desempenho luminoso de projeto padrão de sala de aula. Maceió, 2019. 107p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

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

VIANNA, N. S.; ROMERO, M. A. Procedimentos metodológicos para a avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais de baixa renda com ênfase no conforto ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 71-84, jul./set. 2002. ISSN 1415-8876.

## APÊNDICE A – Máscaras de Sombra dos Modelos Com Diferentes Orientações

Com o objetivo de verificar as obstruções nas aberturas dos ambientes analisados foram elaboradas máscaras de sombra através do software TropMask (CABÚS, 2017). De acordo com Bittencourt (2004) a máscara de sombra é a representação gráfica, nas cartas solares, dos obstáculos que cobrem a visão da abóbada celeste por parte de um observador localizado em um local qualquer. A máscara de sombra dos modelos com diferentes orientações é apresentada a seguir.

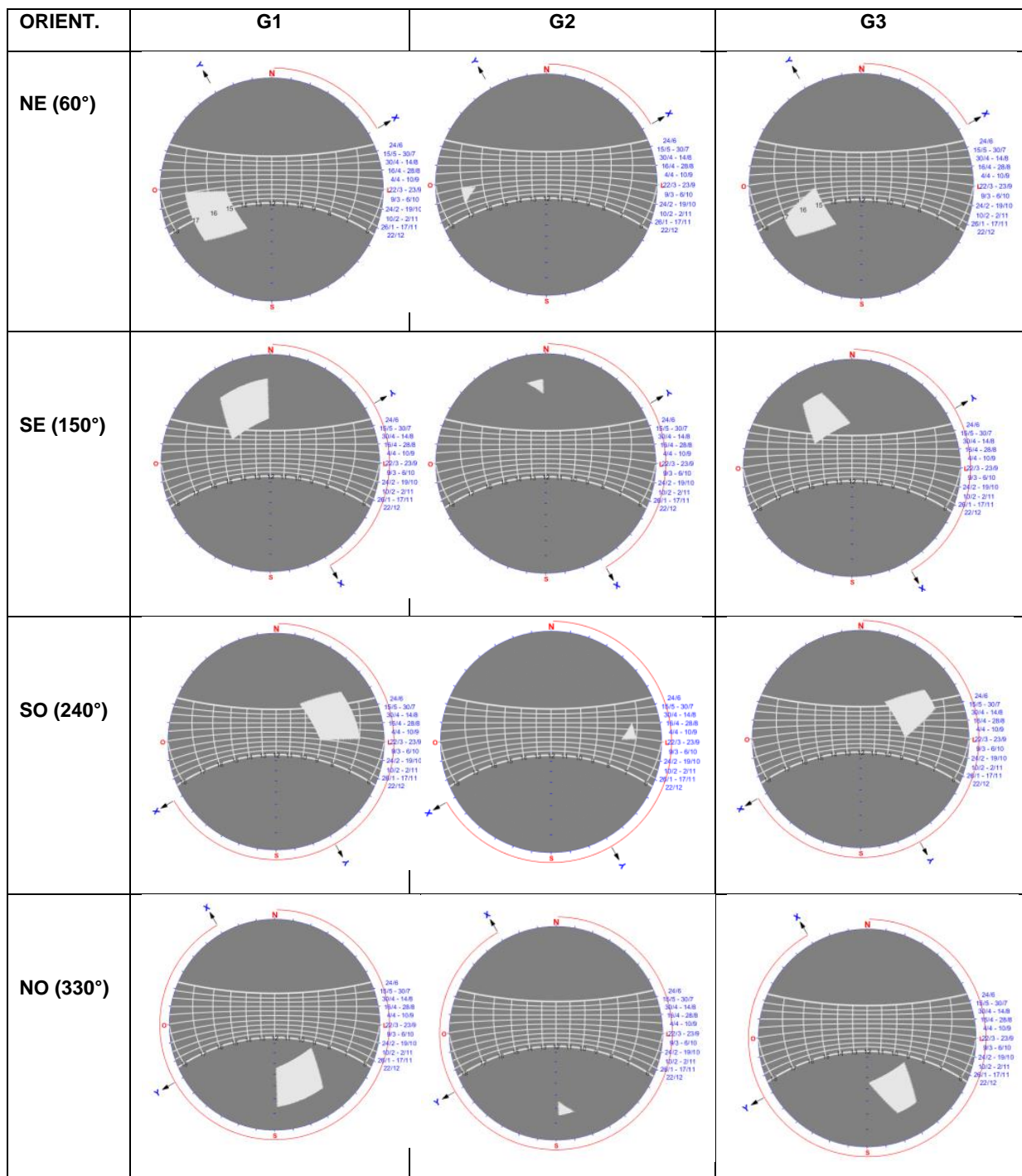
### Plano de Trabalho 01 – Sala de Estar e Jantar

**Tabela 02** - Máscaras de sombra da abertura da sala de estar do modelo de referência

| ORIENTAÇÃO | MÁSCARA DE SOMBRA | ORIENTAÇÃO | MÁSCARA DE SOMBRA |
|------------|-------------------|------------|-------------------|
| NO (60°)   |                   | SO (240°)  |                   |
| SE (150°)  |                   | NO (330°)  |                   |

Fonte: elaboração autoral.

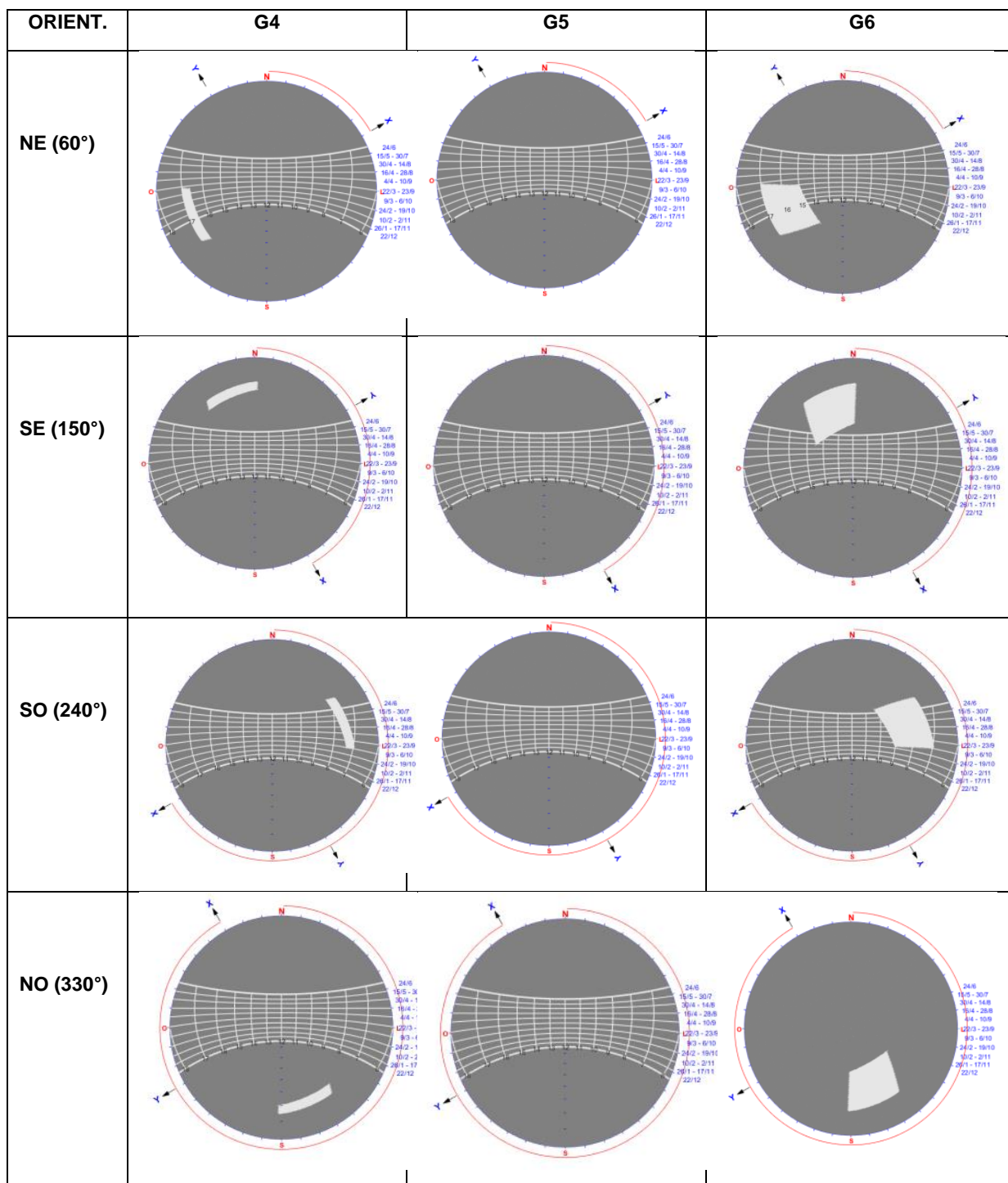
Tabela 03- Máscaras de sombra da abertura da sala de estar dos modelos reformados (G1, G2 e G3)



Fonte: elaboração autoral.



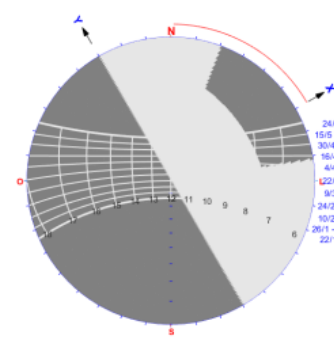
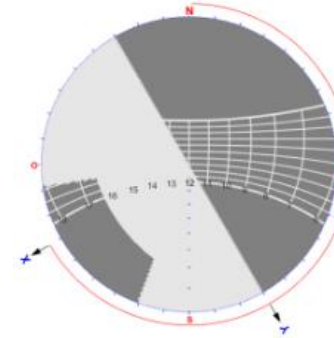
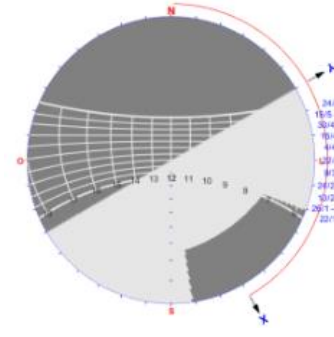
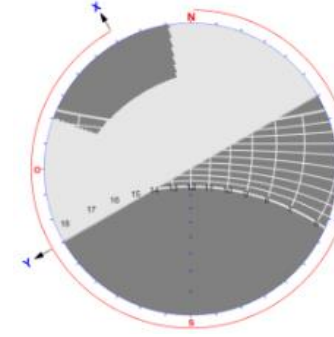
Tabela 04- Máscaras de sombra da abertura da sala de estar dos modelos reformados (G4, G5 e G6)



Fonte: elaboração autoral.

## Plano de Trabalho 02 – Cozinha

Tabela 05 - Máscaras de sombra da abertura da cozinha do modelo de referência

| ORIENTAÇÃO | MÁSCARA DE SOMBRA  | ORIENTAÇÃO | MÁSCARA DE SOMBRA  |
|------------|--|------------|--|
| NO (60°)   |   | SO (240°)  |   |
| SE (150°)  |  | NO (330°)  |  |

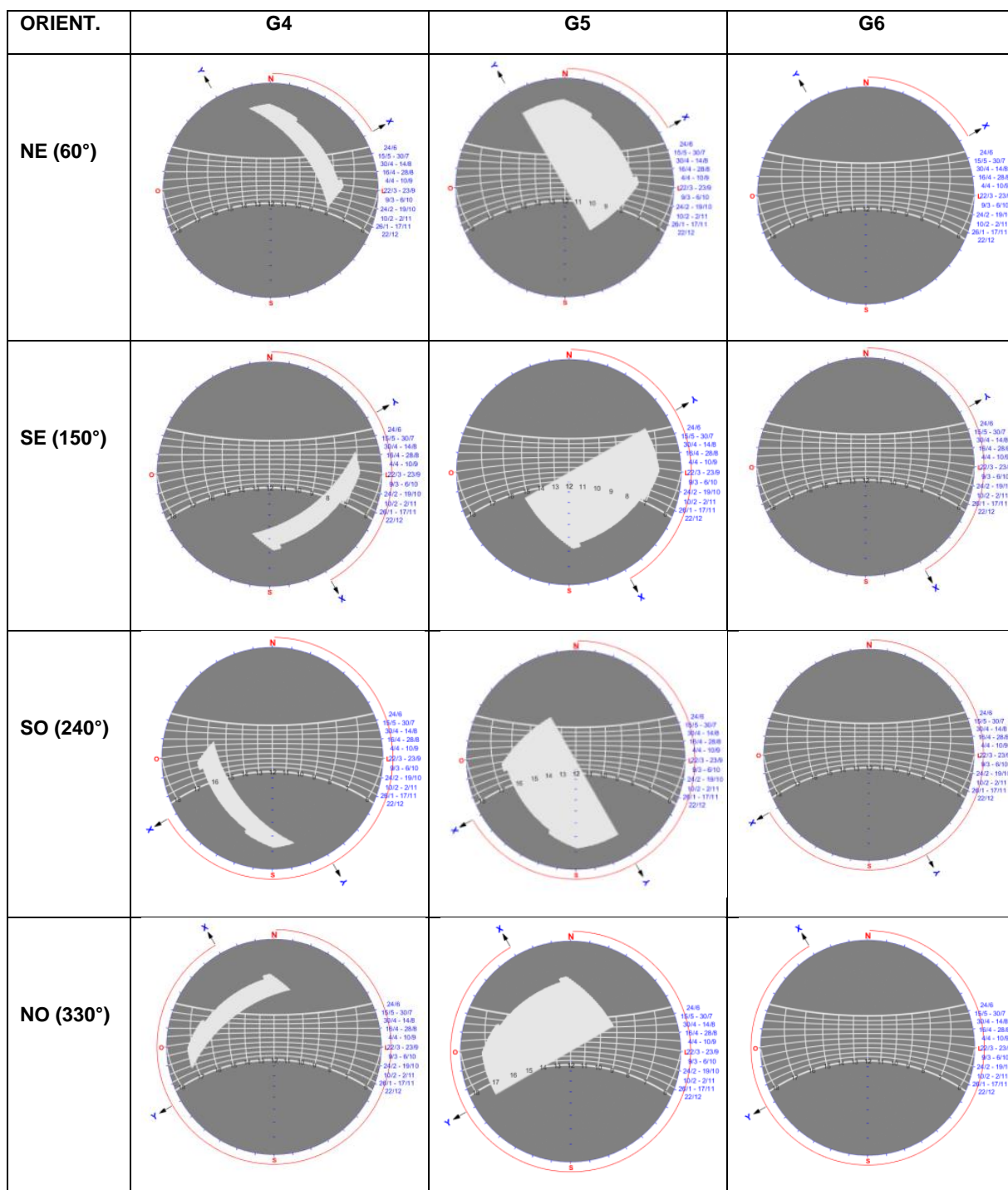
Fonte: elaboração autoral.

Tabela 06 - Máscaras de sombra da abertura da cozinha dos modelos reformados (G1, G2 e G3)

| ORIENT.   | G1 | G2 | G3 |
|-----------|----|----|----|
| NE (60°)  |    |    |    |
| SE (150°) |    |    |    |
| SO (240°) |    |    |    |
| NE (330°) |    |    |    |

Fonte: elaboração autoral.

Tabela 07 - Máscaras de sombra da abertura da cozinha dos modelos reformados (G4, G5 e G6)

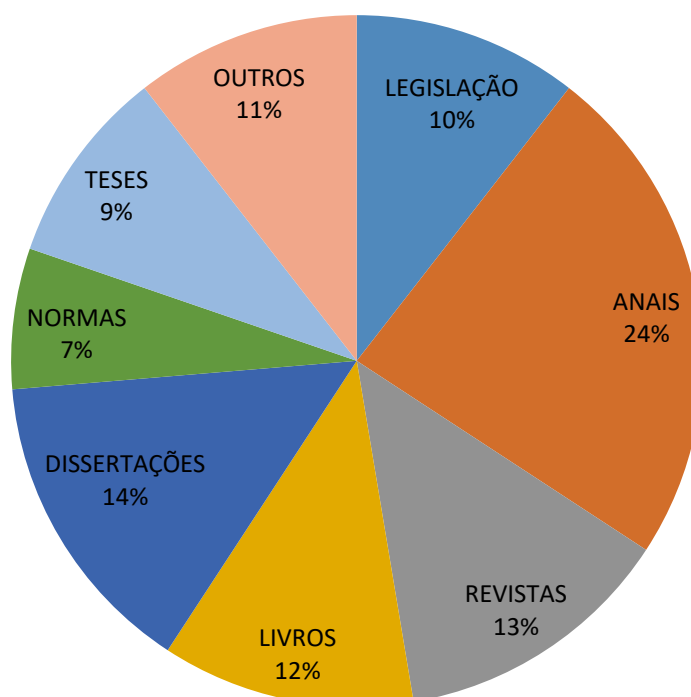


Fonte: elaboração autoral.

## APÊNDICE B – Levantamento das Publicações Usadas na Pesquisa

O presente trabalho faz um panorama sobre as pesquisas científicas já realizadas sobre a temática da habitação social e iluminação natural. Para isso, foram priorizados artigos em periódicos e eventos, dissertações de mestrado, tese de doutorado, livros, normas e legislações (Gráfico 13).

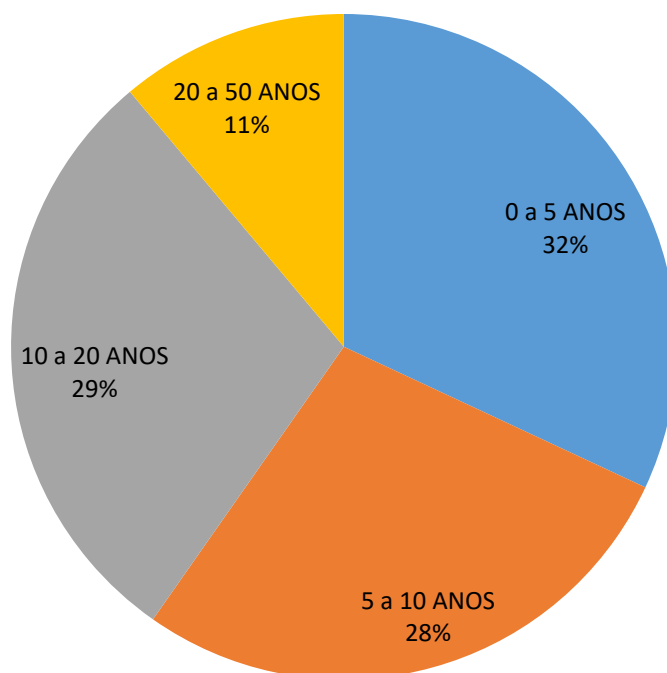
**Gráfico 13** - Porcentagem de publicações usadas de acordo com o tipo de publicação



Fonte: elaboração autoral.

A revisão sistemática bibliográfica utilizou como principais palavras-chave: Programa Minha Casa Minha Vida, habitação de interesse social, conforto ambiental, iluminação natural, avaliação de desempenho luminoso. A busca foi feita em diferentes bancos de dados: Scielo, Google, Periódicos Capes e Researchgate. O estudo limitou-se no período dos últimos 33 anos (1988-2021) (Gráfico 14).

**Gráfico 14** - Porcentagem de publicações usadas de acordo com o intervalo de tempo da publicação



Fonte: elaboração autoral.