

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

ANNA LYVIA ALMEIDA LOURENCI

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM UM CONJUNTO HABITACIONAL NA
CIDADE DE MACEIÓ-AL**

Maceió-AL
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM UM CONJUNTO HABITACIONAL NA
CIDADE DE MACEIÓ-AL**

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal de Alagoas – UFAL,
Campus A. C. Simões, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em Arquitetura
e Urbanismo.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Juliana Oliveira
Batista

ANNA LYVIA ALMEIDA LOURENCI

Maceió-AL
2024

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

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

- L892a Lourenci, Anna Lyvia Almeida.
 Análise de desempenho térmico em um conjunto habitacional na cidade de
Maceió/AL / Anna Lyvia Almeida Lourenci. - 2024.
 99 f. : il. color. + 1 folheto (4 f.)
- Orientadora: Juliana Oliveira Batista.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) –
Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Maceió,
2024.
 Inclui painéis.
- Bibliografia: f. 97-99.
1. Programa Minha Casa Minha Vida (Brasil). 2. Conjuntos habitacionais -
Maceió (AL). 3. Desempenho térmico. I. Título

CDU: 728.2(813.5)

Folha de Aprovação

ANNA LYVIA ALMEIDA LOURENCI

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM UM CONJUNTO HABITACIONAL NA CIDADE DE MACEIÓ-AL

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal de Alagoas – UFAL,
Campus A. C. Simões, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em Arquitetura
e Urbanismo.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
JULIANA OLIVEIRA BATISTA
Data: 07/12/2024 10:51:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Juliana Oliveira Batista
(Universidade Federal de Alagoas)



Documento assinado digitalmente
MARIA LUCIA GONDIM DA ROSA OITICICA
Data: 06/12/2024 21:40:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora interna: Prof.^a. Dr.^a. Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica
(Universidade Federal de Alagoas)



Documento assinado digitalmente
FERNANDO ANTONIO DE MELO SA CAVALCANTI
Data: 06/12/2024 17:39:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador interno: Prof. Dr. Fernando Antônio de Melo Sá Cavalcanti
(Universidade Federal de Alagoas)



Documento assinado digitalmente
RAFAEL TORRES MAIA
Data: 06/12/2024 19:30:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador externo: Arq. Msc. Rafael Torres Maia

Resumo

A produção de habitações populares tem como propósito reduzir a desigualdade, promovendo moradias e serviços públicos para a população em vulnerabilidade social, melhorando sua qualidade de vida. Porém, o que é visto no cenário nacional com relação às habitações de interesse social é a padronização dos projetos, facilitando a construção, mas sem dar a devida atenção ao conforto da população em seu lar. O presente trabalho teve como objetivo analisar o desempenho térmico de unidades habitacionais submetidas ao contexto climático classificado na Zona Bioclimática 8, estabelecido pela norma NBR 15220-3 da ABNT (2005), com vistas à satisfação do conforto térmico de seus usuários. A metodologia aplicada consistiu na análise de uma tipologia de habitação considerando as quatorze implantações encontradas no conjunto habitacional José Aprígio Vilela, construído no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida e destinado à Faixa econômica 1, situado nos bairros de Jacarecica e Benedito Bentes, na cidade de Maceió-AL, o qual possui 1.923 unidades unifamiliares. Aplicando-se o procedimento simplificado de avaliação de desempenho térmico, descrito na NBR 15.575 (2021), as vedações externas, esquadrias e cobertura dos Ambientes de Permanência Prolongada (APP) dessas habitações foram analisadas. Também foram analisadas as orientações dos APP quanto a incidência dos ventos predominantes da região (leste, sudeste e nordeste) e a insolação incidente nas janelas dos ambientes de permanência prolongada das habitações, nas quatorze implantações escolhidas. Os resultados indicaram que, das 14 implantações identificadas, nenhuma foi classificada como bem protegida e bem ventilada. Com isso, foram propostas diretrizes para tornar os APP termicamente mais confortáveis para seus usuários. Conclui-se que nenhuma habitação do conjunto possui o aproveitamento ideal dos ventos para ventilação dos ambientes de permanência prolongada e que apenas duas implantações obtiveram resultados satisfatórios com relação ao sombreamento das janelas dos ambientes de permanência prolongada.

Palavras chaves: Conjunto Habitacional; Programa Minha Casa Minha Vida; Desempenho térmico.

Abstract

The purpose of producing popular housing is to reduce inequality, promoting housing and public services for the socially vulnerable population, improving their quality of life. However, what is seen on the national scene in relation to social housing is the standardization of projects, facilitating construction, but without paying due attention to the comfort of the population in their homes. The present work aimed to analyze the thermal performance of housing units subjected to the climatic context classified in Bioclimatic Zone 8, established by standard NBR 15220-3 of ABNT (2005), with a view to satisfying the thermal comfort of its users. The methodology applied consisted of analyzing a housing typology considering the fourteen implementations found in the José Aprício Vilela housing complex, built within the scope of the Minha Casa Minha Vida Program and destined for Economic Range 1, located in the neighborhoods of Jacarecica and Benedito Bentes, in the city of Maceió-AL, which has 1,923 single-family units. Applying the simplified thermal performance assessment procedure, described in NBR 15.575 (2021), the external seals, frames and coverage of the Prolonged Permanence Environments (APP) of these homes were analyzed. APP guidelines were also analyzed regarding the incidence of the region's predominant winds (east, southeast and northeast) and the insolation incident on the windows of the long-term housing environments, in the fourteen chosen installations. The results indicated that, of the 14 deployments identified, none were classified as well protected and well ventilated. As a result, guidelines were proposed to make APPs thermally more comfortable for their users. It is concluded that none of the houses in the complex have the ideal use of winds to ventilate long-term spaces and that only two implementations obtained satisfactory results in relation to the shading of windows in long-term spaces.

Keywords: Housing Complex; Minha Casa Minha Vida Program; Thermal performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica de Maceió no Brasil e no Estado de Alagoas e o detalhe da área urbana do município.

Figura 2: Rosa dos ventos média anual elaborada com os dados observados referentes ao período 2003 – 2012 através do modelo WAsP e respectivas frequências por setor.

Figura 3: Bairro Benedito Bentes, Bairro Jacarecica e Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela na cidade de Maceió-AL.

Figura 4: Relação do Conjunto Habitacional com as principais vias de Maceió-AL.

Figura 5: Fotografia aérea do Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 6: Planta baixa - Casa Padrão.

Figura 7: Planta baixa - Casa PNE.

Figura 8: Casas do conjunto Habitacional José Aprígio Vilela.

Figura 9: Tipos de implantações encontradas no Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela ao qual serão estudadas.

Figura 10: Carta solar de Maceió.

Figura 11: Parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces.

Figura 12: Fachada principal “Casa padrão” do Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 13: Localização dos lotes da Implantação 01 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 14: Localização dos lotes da Implantação 01.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 15: Localização dos lotes da Implantação 02 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 16: Localização dos lotes da Implantação 02.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 17: Localização dos lotes da Implantação 03 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 18: Localização dos lotes da Implantação 03.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 19: Localização dos lotes da Implantação 04 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 20: Localização dos lotes da Implantação 04.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 21: Localização dos lotes da Implantação 05 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 22: Localização dos lotes da Implantação 05.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 23: Localização dos lotes da Implantação 06 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 24: Localização dos lotes da Implantação 06.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 25: Localização dos lotes da Implantação 07 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 26: Localização dos lotes da Implantação 07.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.

Figura 27: Vista frontal da “casa padrão” com esquadrias modificadas.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Direção predominante dos ventos (pontos cardeais e colaterais) de acordo com as normais climatológicas da cidade de Maceió-AL.

Quadro 2: Classificação decrescente da frequência mensal da direção do vento, referente ao período 2003-12.

Quadro 3: Planta baixa da implantação 01 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 4: Planta baixa da implantação 01.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 5: Planta baixa da implantação 02 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 6: Planta baixa da implantação 02.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 7: Planta baixa da implantação 03 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 8: Planta baixa da implantação 03.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 9: Planta baixa da implantação 04 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 10: Planta baixa da implantação 04.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 11: Planta baixa da implantação 5 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 12: Planta baixa da implantação 5.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 13: Planta baixa da implantação 6 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 14: Planta baixa da implantação 6.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 15: Planta baixa da implantação 7 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 16: Planta baixa da implantação 7.2 com a presença dos ventos dominantes.

Quadro 17: Síntese dos resultados obtidos: incidências dos ventos sobre as quatorze implantações das unidades habitacionais.

Quadro 18: Máscaras de sombra das quatorze implantações existentes e suas respectivas esquadrias.

Quadro 19: Síntese de análises da carta solar em horas sombreadas de cada janela em suas devidas implantações.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Transmitância térmica de paredes.

Tabela 2: Capacidade térmica de referência para paredes externas.

Tabela 3: Percentual de abertura de referência para ventilação.

Tabela 4: Proporção de referência dos elementos transparentes.

Tabela 5: Transmitância térmica de referência para coberturas.

Tabela 6: Classificação de proteção solar em horas das janelas estudadas.

Tabela 7: Classificação de incidência dos ventos para os APPs.

Tabela 8: Aberturas existentes para ventilação natural.

Tabela 9: Percentual de elementos transparentes por ambiente.

Tabela 10: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 01

Tabela 11: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 01.2

Tabela 12: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 02

Tabela 13: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 02.2

Tabela 14: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 03

Tabela 15: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 03.2

Tabela 16: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 04

Tabela 17: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 04.2

Tabela 18: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 05

Tabela 19: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 05.2

Tabela 20: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 06

Tabela 21: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 06.2

Tabela 22: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 07

Tabela 23: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 07.2

Tabela 24: Síntese de análises da carta solar em horas sombreadas de cada janela em suas devidas implantações.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores mensais de temperatura média, máxima e mínima de acordo com as normais climatológicas da cidade de Maceió-AL.

Gráfico 2: Ciclo diário médio mensal da velocidade do vento referente ao período 2003-12.

calculado pelo método aritmético, com e sem calmaria.

Gráfico 3: Distribuição de frequência mensal das medições de direção do vento, referente ao período 2003-12

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AL – Alagoas

APP – Ambiente de Permanência Prolongada

HIS – Habitações de Interesse Social

INMET – Instituto de Meteorologia

INI-R – Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

NBR – Norma Brasileira

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética para Edificações Residenciais

UH – Unidade Habitacional

ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social

α - Absortância à radiação solar da superfície externa da parede.

SUMÁRIO

1. Introdução	14
1.1 Objetivos	17
1.2 Estrutura do trabalho	17
2. A evolução das políticas de Habitação Social no Brasil	19
2.1 O PMCMV e o desempenho térmico nas Habitações de Interesse Social	20
3.1 Procedimento simplificado - NBR 15.575	23
4. Características Climáticas de Maceió- AL	25
4.1 Ventos dominantes	27
5. Caracterização do Conjunto Habitacional e das habitações	31
6. Metodologia	36
6.1 Procedimento Simplificado:	36
6.1.1 Transmitância térmica de paredes externas	36
6.1.2 Capacidade térmica de paredes externas (CTpar)	37
6.1.3 Percentual de abertura para ventilação	37
6.1.5 Transmitância térmica de coberturas	38
6.2 Definição das implantações estudadas	39
6.3 Estudo de insolação	40
6.4 Estudo da incidência dos ventos	42
7. Resultados e discussão	44
7.1 Análise segundo a NBR 15.575	44
7.1.1 Transmitância térmica de paredes externas	44
7.1.2 Capacidade térmica de paredes externas (CTpar)	44
7.1.3 Percentual de abertura para ventilação	45
7.1.4 Percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes	46
7.1.5 Transmitância térmica de coberturas	47
7.2 Análise da ventilação das UH	48
7.2.1 Implantação 01	48
7.2.2 Implantação 01.2	51
7.2.3 Implantação 02	53
7.2.4 Implantação 02.2	55
7.2.5 Implantação 03	57
7.2.6 Implantação 03.2	59
7.2.7 Implantação 04	61
7.2.8 Implantação 04.2	62
7.2.9 Implantação 05	64
7.2.10 Implantação 05.2	66
7.2.11 Implantação 06	69
7.2.12 Implantação 06.2	71
7.2.13 Implantação 07	73
7.2.14 Implantação 07.2	75
7.2.15 Síntese dos resultados obtidos	77

7.3 Estudo de insolação	78
9. Considerações Finais	94
Referências	96

1. Introdução

O Brasil é um país periférico e marcado pela desigualdade social entre seus habitantes. Segundo o IPEA (2023) “O Brasil é conhecido por sua alta concentração de renda, onde o 1% mais rico da população detém 28,3% da renda total, tornando-o um dos países mais desiguais do mundo”. Deste modo, as habitações populares visam reduzir a desigualdade social, trazendo moradia e serviços públicos para a população em vulnerabilidade social, melhorando sua qualidade de vida ao mesmo tempo em que promovem o planejamento das cidades.

A Lei de Terras (1850) foi o primeiro dispositivo legal que buscou regulamentar a questão fundiária no Império do Brasil. Contudo, a população menos favorecida foi excluída ao acesso à terra (Brasil, 2016). Com o desenvolvimento das cidades e da economia industrial, entre os séculos XIX e XX, a população do campo migra para a cidade em busca de emprego e melhores condições de vida, mas se depara com a segregação socioespacial, processo que fraciona as classes sociais em espaços distintos da cidade. Blumenschein et al (2015) ressalta a diversidade das habitações:

Ao longo dessa história, observam-se diferenças expressivas nas soluções habitacionais. Evidenciam-se especificidades na inserção urbana das unidades habitacionais assim como de sua produção. Um contexto multifacetado desenhou-se compreendendo habitações espontâneas em lugares impróprios, modelos habitacionais pré-determinados e, muito pontualmente, soluções que procuraram responder a particularidades espaciais de grupos sociais específicos. Em graus diferenciados de atuação, a produção habitacional foi assumida tanto pela iniciativa privada quanto pela iniciativa pública. (Blumenschein et al, 2015, p. 10)

A construção de habitações de interesse social (HIS) surge como uma alternativa para a redução do Déficit Habitacional (DH) no país. No ano de 1948 o direito à moradia foi reconhecido como direito fundamental com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, mas apenas em 1964 foi criado o Banco Nacional de Habitação, voltado ao financiamento e à produção de empreendimentos imobiliários. A instituição durou 22 anos e teve seu fim no ano de 1986.

Após o fim do BNH, a política habitacional do país entrou em um deficit significativo de moradias para a população de baixa renda, principalmente nos grandes centros urbanos. Por esse motivo foi criado o PAR (2001), onde, segundo

sua cartilha (Caixa, 2021), as estatísticas indicavam que cerca de 98% dessa parcela da população não possuía moradia considerada adequada e nem perspectiva de aquisição. O Programa de Arrendamento Residencial (PAR), foi “destinado ao atendimento da necessidade de moradia da população de baixa renda, prioritariamente concentrada nos grandes centros urbanos, sob a forma de arrendamento residencial, com opção de compra ao final do prazo contratado” (CAIXA, 2021, p. 3).

No ano de 2003 foi criado o Ministério das Cidades e com objetivo de promover a moradia digna para a população brasileira. O Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), implantado a partir de 2009, foi criado sob a promessa de facilitar a conquista da casa própria pelas famílias de baixa renda, possibilitando a aquisição de moradias com preços mais acessíveis, contribuindo para a melhor qualidade de vida dessa população. Em Alagoas, foram investidos 6.776 bilhões de reais do PMCMV, com 74.199 unidades entregues até 2016 (BRASIL, 2017).

Segundo o CBIC (2019), até o ano de 2019 com o PMCMV foram construídas mais de 5 milhões de habitações para a população em vulnerabilidade social em todo o país. Contudo, de acordo com Freitas (2011) tais habitações são construídas sem a devida preocupação com as diversas especificidades do terreno, análise das condicionantes, características geográficas, geológicas, topográficas, climáticas e culturais.

Atualmente, existe a tendência de se observar o estabelecimento de programas habitacionais bastante homogêneos e padronizados, além de desvinculados da política urbana geral. São caracterizados por tipos de edificações semelhantes, independentemente dos atributos do terreno, e impostos sem denotar critérios cristalinos na sua escolha, muitas vezes sem compromisso de geração e gestão posterior de infra-estrutura e serviços públicos, o que acarreta prejuízos ao ambiente, incluindo a própria obra. (Freitas, 2011, p. 35)

Ao observar os conjuntos habitacionais existentes no Brasil, é possível notar que a grande maioria segue os padrões ditos por Freitas (2011), incluindo os conjuntos habitacionais da cidade de Maceió, Alagoas. As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), determinadas no zoneamento da cidade de Maceió, equivalem às áreas públicas ou privadas, destinadas a parcela da população em situação de vulnerabilidade social, prioritárias no atendimento a programas e projetos habitacionais. As ZEIS são distribuídas ao longo da cidade, estando presentes na maioria dos bairros. A prefeitura de Maceió disponibiliza um mapa de

zoneamento dessas áreas e, nele, é possível observar uma grande concentração, especialmente, nos bairros Feitosa, Jacintinho e Benedito Bentes.

O Conjunto Habitacional José Aprício Vilela, escolhido para o desenvolvimento dessa análise, é um conjunto formado por casas. Possui apenas duas tipologias de projeto arquitetônico, todavia os lotes apresentam diversas implantações e, com isso, parte dessas moradias não possuem condições favoráveis para captação dos ventos predominantes da região. Além disso, o terreno no qual foi locado o conjunto é distante do centro da cidade (17,8km de distância), de aparelhos comunitários, como hospitais e escolas, de outros conjuntos residenciais e comércios.

O clima de Maceió, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2021), apresenta temperatura média anual de 25,1 °C e umidade relativa de 77,8%, que continua elevada mesmo nos períodos secos. O índice pluviométrico anual chega a 2070,5mm, sendo os meses de abril a julho os mais chuvosos, e de outubro a janeiro os meses mais secos.

A região está inserida no contexto climático da Zona Bioclimática 8, de acordo com a norma NBR 15220-3 da ABNT (2005), destinada a estabelecer diretrizes construtivas visando a adequação climática das habitações em diferentes regiões do país. Foi analisada uma tipologia de habitação em quatorze implantações, encontradas no conjunto habitacional, as quais concentram as maiores quantidades de unidades no conjunto, a fim de estudar quais as implantações com melhor aproveitamento da ventilação e proteção solar nos APP.

A motivação para a escolha do tema deste trabalho surgiu a partir da grande afinidade da autora com o âmbito da arquitetura social, buscando entender o grau de atenção que o Estado, por meio da arquitetura, proporciona habitação e qualidade de vida aos indivíduos que necessitam. É notório que os projetos das habitações do PMCMV são padronizados, com replicação de tipologias arquitetônicas, os quais são distribuídos nos empreendimentos de forma que acomodem a maior quantidade de unidades habitacionais possíveis no terreno, prezando pela quantidade e não pela qualidade das habitações. Diante deste contexto, foram propostos os seguintes objetivos para este trabalho:

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como **objetivo geral** analisar o desempenho térmico das unidades habitacionais do Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela, situado no bairro Jacarecica, na cidade de Maceió, Alagoas, no nordeste brasileiro.

Os **objetivos específicos** são relacionados a seguir:

- Caracterizar o projeto arquitetônico das habitações do conjunto habitacional escolhido;
- Avaliar as unidades habitacionais quanto ao aproveitamento da ventilação natural e exposição à insolação;
- Sugerir propostas, de baixo custo, para melhorar a qualidade térmica dos ambientes de longa permanência das habitações.

1.2 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo é retratada, de forma simplificada, a cronologia dos programas de habitação de interesse social no Brasil, promovidos pelo Governo Federal, até a criação do Programa Minha Casa Minha Vida, no qual o conjunto estudado está inserido, as características climáticas da cidade de Maceió e a motivação pela escolha do tema e os objetivos da presente análise.

O segundo capítulo aborda o surgimento e evolução da habitação social no Brasil, perpassando pela história e compreendendo a dinâmica do Programa Minha Casa Minha Vida. Aborda também a importância do desempenho térmico nas Habitações de Interesse Social e a caracterização do Conjunto Habitacional escolhido para o estudo.

No terceiro capítulo foi descrita a NBR 15.575 (ABNT, 2021), norma que estabelece os procedimentos para avaliação de desempenho térmico da edificação e seu procedimento simplificado, método utilizado para a análise do presente trabalho.

No quarto capítulo são apresentadas a localização e as características climáticas da cidade de Maceió-AL, com as temperaturas mínimas, médias e máximas da cidade e a umidade relativa do ar, como também a importância dos ventos para a habitação, as direções predominantes e suas respectivas velocidades e frequências.

O quinto capítulo refere-se à caracterização do Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela e sua localização na cidade de Maceió-AL, como também descreve as tipologias projetuais encontradas no conjunto e seu sistema construtivo.

O sexto capítulo descreve a metodologia utilizada no trabalho, as etapas do procedimento simplificado, método utilizado para análise do desempenho térmico das habitações, a definição das tipologias estudadas e o estudo de insolação das esquadrias dos ambientes de permanência prolongada (APP) das unidades do conjunto habitacional.

No sétimo capítulo são apresentados os resultados obtidos com a aplicação do procedimento simplificado, segundo a NBR 15.575, e das análises de ventilação e insolação dos APP das habitações.

No oitavo capítulo são apresentadas propostas, de baixo custo, para melhorar a qualidade térmica dos APP das habitações.

No nono capítulo são apresentadas as considerações finais do presente trabalho, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. A evolução das políticas de Habitação Social no Brasil

A exclusão da população menos favorecida ao acesso à terra é vista desde o estabelecimento da propriedade fundiária rural e urbana com a Lei de Terras (1850). Este foi o dispositivo legal que, pela primeira vez, buscou regulamentar a questão fundiária no Império do Brasil (Brasil, 2016). Já nas cidades, com o desenvolvimento da economia industrial, entre os séculos XIX e XX, a população proveniente do campo, em busca de emprego e melhores condições de vida, se depara com a segregação socioespacial, traduzida pela expulsão da população desfavorecida para as periferias não urbanizadas.

Segundo Duarte (2013), até o ano de 1930 o problema da habitação popular foi historicamente ignorado pelo Estado. Somente a partir da década de 1930 que inicia a ideia da casa própria, reforçando o argumento da importância da habitação para o trabalhador, ainda que com um caráter de controle social. Somente em 1948, surge, a partir da Declaração Universal dos Direitos Humanos, o direito à moradia.

Na segunda metade do século XX, com a Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, foi instituído o Plano Nacional da Habitação e criado o Banco Nacional da Habitação, política destinada a financiar e promover a construção da casa própria, principalmente para as classes de menor renda. Blumenschein et al (2015) ressalta o motivo da sua criação:

A partir da segunda metade do século XX, a urbanização brasileira, em sincronia com o que ocorre no mundo, acelerou-se surpreendentemente. A explosão das cidades, tanto no que tange à população quanto à extensão sobre o território, tornou-se um fato consumado. Dentre os principais problemas resultantes desta situação, destacou-se o expressivo incremento da demanda habitacional. O quadro de forte crise de moradia, dentre outros fatores da conjuntura política, levou à criação, em 1964, do Banco Nacional de Habitação – BNH. (Blumenschein et al, 2015, p. 07)

Ainda segundo Blumenschein (2015), o BNH (1964-1986) atuou por vários anos e proporcionou a produção de unidades habitacionais em grande escala. Contudo, as habitações eram construídas em conjuntos habitacionais distantes do centro das cidades e com espaços em dimensões mínimas para o uso. No entanto, com a crise econômica enfrentada pelo país, o BNH chega ao fim em 1986 e o empobrecimento da população agrava os problemas de moradia e da ausência de financiamentos habitacionais.

Reafirmando a moradia como um direito social, a Constituição Federal de 1988 declara: “Art. 6º São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados”

Após vários anos, em 2003, o Ministério das Cidades foi criado e com ele novas diretrizes para a questão habitacional. Sua missão era melhorar as cidades, por meio de gestão democrática e integração das políticas públicas em conjunto com os entes federativos e a sociedade (Brasil, 2020). Já em 2009, foi criado o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, que teve por finalidade a diminuição das desigualdades em termos habitacionais, com o intuito de reduzir o Déficit Habitacional (DH).

2.1 O PMCMV e o desempenho térmico nas Habitações de Interesse Social

O Programa Minha Casa Minha Vida, desde sua criação, apresentava-se como a principal iniciativa do governo federal brasileiro para enfrentamento dos problemas sociais proveniente das más condições de moradia no país. Dividia-se originalmente em 4 faixas, sendo elas: a Faixa 1, famílias com renda de até R\$ 1.800,00; a faixa 1,5, compreendendo as famílias com renda de até R\$ 2.600,00; a faixa 2, abrangendo as famílias com renda de até R\$ 4.000,00; a faixa 3, englobando as famílias com renda de até R\$ 7.000,00. (CAIXA, 2020). Atualmente o programa passou por algumas formatações, sendo elas: a faixa 1 passou a ser para famílias com renda bruta familiar de até R\$2.640,00; a faixa 2, abrangendo as famílias com renda de até R\$ 4.400,00; a faixa 3, englobando as famílias com renda de até R\$ 8.000,00 (CAIXA, 2023).

A região Nordeste é a que mais contratou unidades habitacionais para população de interesse social, sendo ela a região do país que possui a maior proporção do déficit habitacional concentrada na população de baixa renda (com cerca de 75%). (Moreira; Silveira; Euclydes, 2017). Em decorrência da grande demanda por habitações, as políticas públicas caracterizaram-se historicamente por soluções que priorizavam a construção de grandes quantidades habitacionais, geralmente sacrificando sua qualidade.

Em busca da redução dos custos e visando o aumento dos lucros, as iniciativas habitacionais se caracterizam, em sua maioria, por unidades habitacionais

com soluções arquitetônicas padronizadas, com espaços internos reduzidos e dissociada dos contextos social, cultural e ambiental em que são inseridas. Quanto a padronização das residências, Kowaltowski e Labaki (2007) apontam seu surgimento na história:

A padronização associada à racionalização, em isto é, a repetição de um mesmo modelo, surge na História principalmente com a intensificação da industrialização. O processo produtivo industrial demanda eficiência e controle para evitar desperdícios e garantir a qualidade dos produtos. A observação de procedimentos produtivos para o estabelecimento de normas de comportamento foi uma meta defendida por diferentes governos, independentemente de suas ideologias, e introduzidas visando a melhoria da prestação de serviços, da remuneração, da capacidade de trabalho, e com ela, da qualidade de vida (Kowaltowski; Labaki, 2007, p. 962).

Dessa forma, as habitações são construídas sem a preocupação necessária com as questões técnicas que compreendem o planejamento, o projeto e a execução de edifícios no que diz respeito à qualidade da construção e o conforto de seus usuários.

O conforto, em seus diversos âmbitos, é essencial para garantir a qualidade de vida dos ocupantes em qualquer ambiente, principalmente quando se diz respeito ao lar, uma vez que, é nesse espaço onde é possível descansar, estar presente com a família e compartilhar momentos íntimos. Schmid (2005) relaciona o conforto com a casa, quando cita:

A casa acolhe. Atende a um conjunto de necessidades básicas de segurança, envolvimento, orientação no tempo e, principalmente, no espaço. É como se oferecesse consolo interminável ao ser humano, lançado no mundo. E na casa, a qualidade mais importante parece ser o conforto. (Schmid, 2005, p. 13)

Os benefícios e assuntos relacionados à Arquitetura Bioclimática têm tomado proporções cada vez maiores, contribuindo para o crescimento dos estudos acerca do tema. Para que tal conforto seja atingido foram desenvolvidas NBRs e entre elas o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, NBR 15.220 (ABNT, 2005). Esta norma indica recomendações construtivas e estratégias passivas de climatização para cada uma das oito zonas nas quais o território brasileiro foi subdividido. Para a ZB 8, onde está localizada a cidade de Maceió-AL, a norma recomenda o uso de ventilação natural e sombreamento, como grandes aberturas para ventilação, paredes e coberturas

“leves refletoras” e ventilação cruzada permanente, como também a desumidificação do ar interno, obtida através da renovação do ar e ventilação dos ambientes.

Diante da diversidade climática existente no Brasil e da importância da adequação da edificação ao clima em busca de uma maior eficiência energética, a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R), atualizada no ano de 2022 (INMETRO, 2022), especifica requisitos técnicos e métodos para classificação de edificações residenciais quanto à eficiência energética. Consistem em condições mínimas imprescindíveis para a obtenção dos níveis máximos de eficiência energética da edificação, ou seja, o atendimento a essas exigências é obrigatório para o alcance aos níveis “A” ou “B” em eficiência energética. As edificações submetidas à Instrução Normativa devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes.

Sabe-se que seguindo as recomendações da INI-R e das Normas Técnicas Brasileiras (NBRs) referentes ao desempenho térmico, adequando os projetos para a zona bioclimática em que está inserido, contribui-se para obter a satisfação do usuário no que se refere às condições térmicas dos ambientes internos, diminuindo o consumo de energia com a utilização de aparelhos de climatização artificial. A utilização de estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico das habitações de interesse social possui grande importância, visto que o emprego de meios artificiais de climatização pode tornar-se economicamente inviável para a população de menor poder aquisitivo. Curcio e Silva (2009) ressaltam que:

Em todos os âmbitos de avaliação de desempenho térmico e redução de consumo, talvez o das Habitações de Interesse Social seja um dos mais importantes, já que seus usuários possuem menor poder aquisitivo, e muitas vezes, não dispõem de recursos financeiros para arcar com uma climatização artificial para compensar o desconforto térmico, e ainda poderão ser beneficiados com um menor consumo de energia nas suas casas. (Curcio; Silva, 2009)

Visto que o conforto térmico é um dos pilares mais importantes para que condições de habitabilidade sejam atendidas em uma edificação, é indispensável que seja feita análise de condições de exposição ao vento e orientação solar, como também estudos prévios de materiais e componentes, utilizando os recursos naturais de maneira adequada, evitando o excesso de frio ou calor, podendo assim obter satisfatórias condições de conforto térmico dos usuários.

3. Normatização de desempenho térmico de edificações habitacionais

A norma mais relevante para a execução deste trabalho foi a NBR 15.575 (ABNT, 2021): Edificações Habitacionais – Desempenho, em razão da mesma estabelecer os procedimentos para avaliação de desempenho térmico da edificação estudada. Contudo, vale ressaltar a importância do entendimento da NBR 15.220 (ABNT, 2005): Desempenho Térmico de Edificações, pois ela estabelece os cálculos para a realização da avaliação de desempenho térmico através do procedimento simplificado, além de fornecer algumas propriedades térmicas dos materiais e sistemas construtivos.

A Norma de Desempenho é dividida em seis partes e cada uma delas aborda requisitos para o desempenho dos sistemas de uma edificação, com exceção da primeira parte, onde são apresentados requisitos gerais. São apresentadas exigências para os sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários. Também são apontadas premissas para cada sistema quanto a segurança, sustentabilidade e habitabilidade, onde é abordado o desempenho térmico, e para essa finalidade são utilizadas as partes 1, 4 e 5 da norma.

A NBR 15.575 (ABNT, 2021) estabelece dois procedimentos para avaliar o desempenho térmico de uma edificação. São eles: procedimento simplificado e simulação computacional. A Norma recomenda que para os casos em que a avaliação através do procedimento simplificado não resultar em um desempenho térmico satisfatório, é necessário avaliar o desempenho térmico através do método de simulação computacional.

3.1 Procedimento simplificado - NBR 15.575

A NBR 15.575 (ABNT, 2021) foi estabelecida buscando atender às exigências dos usuários com relação aos sistemas que compõem as edificações habitacionais, independentemente dos materiais e dos sistemas construtivos empregados. A norma descreve o processo de avaliação do desempenho térmico de sistemas de vedações verticais externas por meio do procedimento simplificado, permitindo a verificação de desempenho térmico no nível mínimo, de caráter obrigatório. Segundo a NBR 15.575 (2021):

A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas na ABNT 15.220-3 e considerando-se que o desempenho térmico do edifício depende do comportamento interativo entre fachada, cobertura e piso (ABNT, 2010).

A avaliação desses sistemas deve ser realizada para os ambientes de permanência prolongada (APP) da unidade habitacional (UH). Ambientes de permanência prolongada, segundo a INI-R (2021) são: “sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados.” Os ambientes de permanência prolongada encontrados na habitação em estudo são a sala de estar/jantar e dois dormitórios.

Tais sistemas devem reunir características que indiquem o atendimento de desempenho térmico mínimo, de acordo com os critérios estabelecidos na NBR. Estes critérios estabelecem valores de referência para os parâmetros de transmitância térmica de paredes externas; capacidade térmica de paredes externas; percentual de abertura para ventilação; percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes e transmitância térmica de coberturas, descrita na NBR 15575-5 (2021).

4. Características Climáticas de Maceió- AL

A cidade de Maceió, capital de Alagoas, está localizada na faixa costeira do Nordeste brasileiro ($9^{\circ} 39' 57''\text{S}$; $35^{\circ} 44' 07''\text{W}$), ocupando uma formação de restinga; apresenta o oceano Atlântico a leste e a lagoa Mundaú a oeste, além de uma grande quantidade de riachos, rios e lagoas cortando a zona urbana. O município abrange 511 km^2 de área, dos quais aproximadamente 200 km^2 compõem a área urbana (Figura 1).

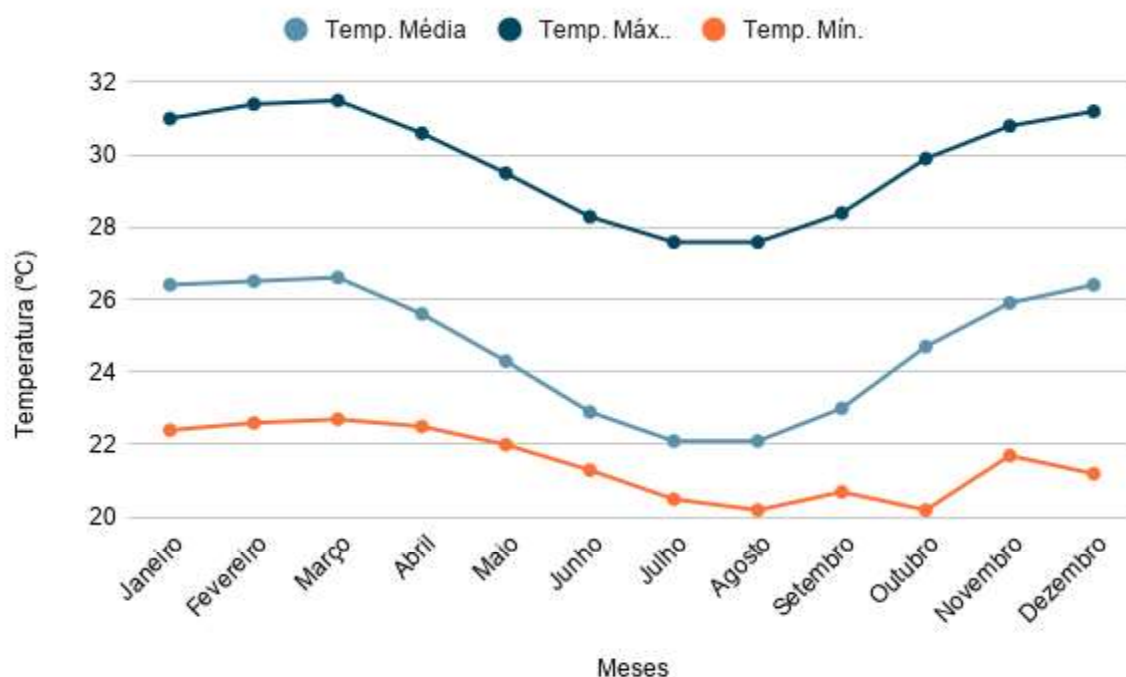
Figura 1 – Localização geográfica de Maceió no Brasil e no Estado de Alagoas e o detalhe da área urbana do município.



Fonte: SEPLANDE (2012) apud Maia (2016).

Ao analisar as Normais Climatológicas do Brasil de 1981-2010 (INMET, 2021) é possível notar que Maceió possui uma constância de nível térmico. A cidade apresenta temperatura média anual de $25,1^{\circ}\text{C}$, com variação de $26,6^{\circ}\text{C}$ em março a $22,1^{\circ}\text{C}$ em julho e agosto; média anual das máximas de $29,8^{\circ}\text{C}$, com variação entre $31,5^{\circ}\text{C}$, também em março, a $27,6^{\circ}\text{C}$ também em julho e agosto. A média anual das mínimas é de $21,6^{\circ}\text{C}$, e varia entre $20,2^{\circ}\text{C}$ em agosto e outubro e $22,7^{\circ}\text{C}$ em março. Como é possível observar no Gráfico 1.

Gráfico 1: Valores mensais de temperatura média, máxima e mínima de acordo com as normas climatológicas da cidade de Maceió-AL.



Fonte: Adaptado do INMET, 2021.

Os dados climáticos também revelam a alta umidade presente na cidade, com média anual de 77,8%, sendo julho o mês mais úmido (82,8%, quadra chuvosa) e dezembro o mês mais seco (73,9%, quadra seca). A alta umidade na cidade é proveniente de sua proximidade com o Oceano Atlântico e a presença do complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Barbosa, 2005).

O clima urbano é uma modificação substancial de um clima local, resultado das condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela sua forma e geometria, densidade urbana, vegetação, níveis de água, rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade ou propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores (Oke, 1996; Shishegar, 2013).

Portanto, um dos papéis do Arquiteto é reunir as principais variáveis envolvidas nas questões de conforto e desempenho energético em edificações e utilizá-las para projetar edificações bioclimáticas, ou seja, garantir o conforto térmico e a eficiência energética do imóvel com fontes naturais. Desse modo, segundo Lamberts, Dutra e Pereira, no Livro Eficiência Energética na Arquitetura (2014), para racionalizar o consumo de energia elétrica na edificação é necessário implantar três

ideias, são elas: Usar sempre que possível sistemas naturais de condicionamento e iluminação; usar sistemas artificiais eficientes e integrar o sistema natural e artificial.

4.1 Ventos dominantes

Segundo Bittencourt e Cândido (2006), em clima tropical, como o da cidade de Maceió, o vento desempenha papel importante na qualidade e conforto ambiental, sendo a ventilação uma estratégia bioclimática eficiente para a obtenção do controle térmico e conforto, pois em áreas urbanas os fluxos de ar favorecem as trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente. Além disso, é responsável pela dispersão de poluentes.

Maia (2016) identifica cinco incidências de ventos atuantes na cidade de Maceió. São eles: os ventos de Nordeste, que atuam de outubro-novembro a janeiro-fevereiro, e possuem intensidade de fluxo maior durante o dia; os ventos de Leste, que atuam de acordo com o recuo do Equador térmico (zona de convergência intertropical) que atuam com maior frequência nos meses de outubro-janeiro; os ventos de Sudeste, que são provenientes dos ventos alísios, atuam de abril a agosto-setembro e a brisa marítima, ventos de menor escala provenientes das diferenças locais de pressão, estabelecidas pelo gradiente térmico entre o oceano e o continente. A brisa marítima sopra, durante o dia, do mar (maior pressão – menor temperatura) para o continente (menor pressão – maior temperatura), está frequentemente em fase com os alísios e a brisa terrestre ou terral, que sopra durante a madrugada do continente (maior pressão – menor temperatura) para o mar (menor pressão – maior temperatura) e são mais perceptíveis durante a primavera e verão.

Segundo o INMET (2021), as informações obtidas das normais climatológicas entre os anos de 1981 e 2010 indicam que as direções predominantes dos ventos na cidade de Maceió são a Leste e Sudeste, como mostra o Quadro 1.

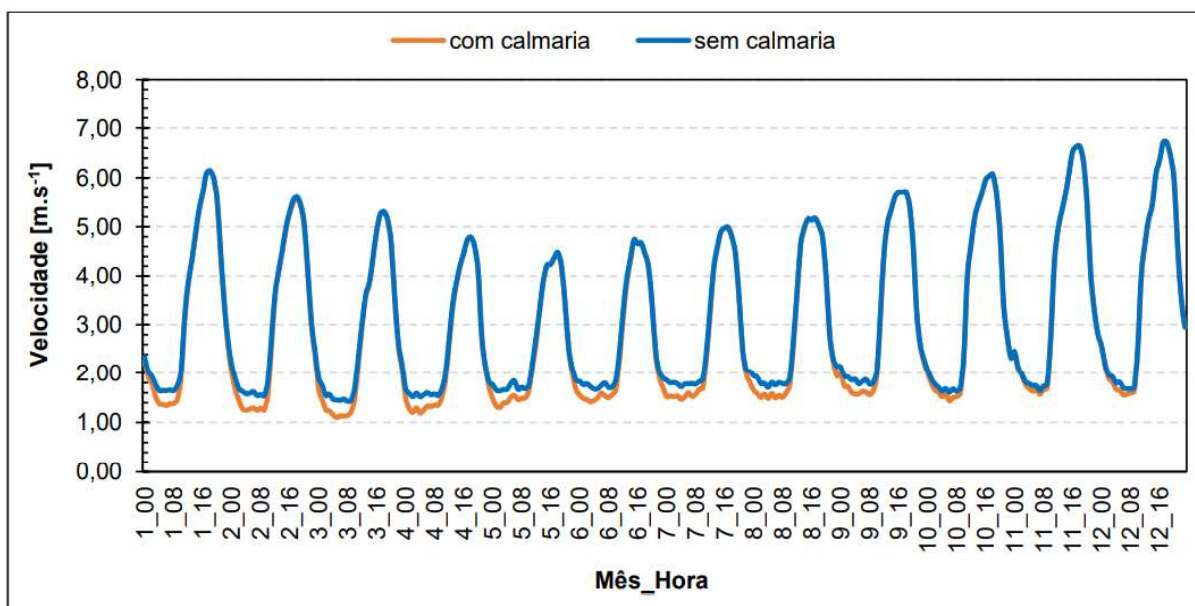
Quadro 1: Direção predominante dos ventos (pontos cardeais e colaterais) de acordo com as normais climatológicas da cidade de Maceió-AL.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Direção	E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E

Fonte: Adaptado do INMET, 2021.

Maia (2016) constata que há uma maior ocorrência de ventos mais significativos, com velocidades de 5 m/s em diante, no período mais seco (outubro a janeiro). No período chuvoso (abril a julho), são mais frequentes os ventos mais amenos de até 2 m/s. Já os ventos de 3 a 4 m/s são encontrados de maneira uniforme ao longo de todo o ano. O Gráfico 2 apresenta os resultados relacionados ao vento e épocas do ano com suas velocidades correspondentes nos horários de meia noite, oito horas e dezesseis horas em cada mês do ano.

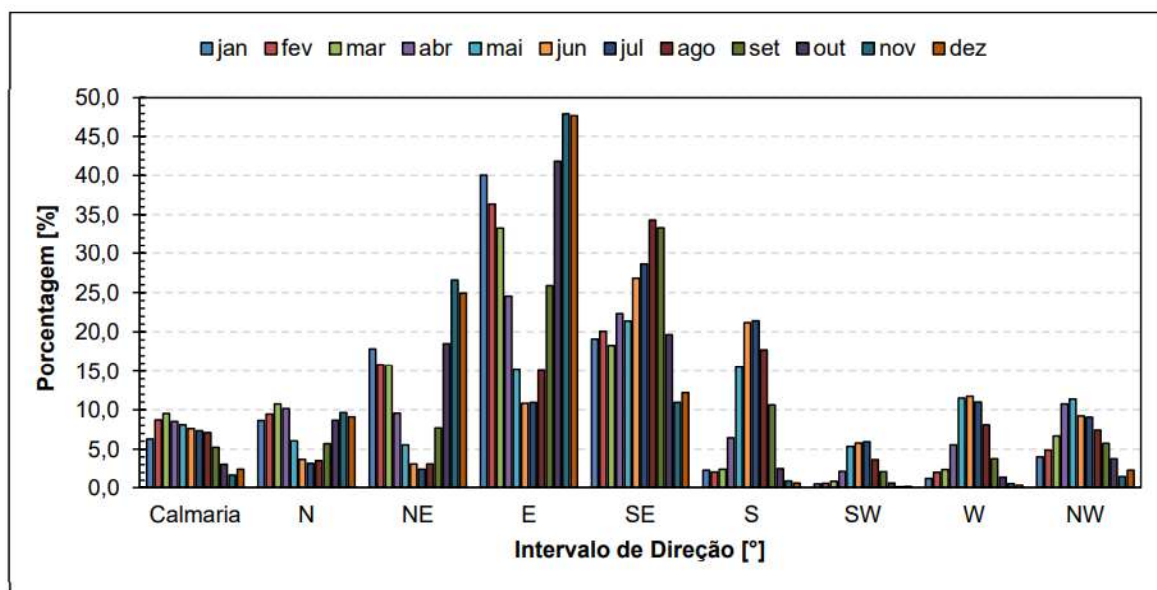
Gráfico 2: Ciclo diário médio mensal da velocidade do vento referente ao período 2003-12, calculado pelo método aritmético, com e sem calmaria.



Fonte: Maia, 2016.

No Gráfico 3, é possível notar a distribuição de frequência e direção dos ventos mês a mês. Sabendo que as recomendações para o clima da região são grandes aberturas para ventilação, os ambientes de permanência prolongada devem ter aberturas voltadas para as orientações expostas às maiores frequências de vento.

Gráfico 3: Distribuição de frequência mensal das medições de direção do vento, referente ao período 2003-12.



Fonte: Maia, 2016.

A quadra chuvosa, segundo Maia (2016), vai de maio a julho e a quadra seca, de outubro a janeiro. Como visto no Quadro 2, a direção dos ventos mais frequentes na quadra seca são leste e nordeste, já na quadra chuvosa, os ventos sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste. Porém, os ventos de sul, sudoeste, oeste e noroeste não possuem ocorrências significativas na cidade de Maceió.

Quadro 2: Classificação decrescente da frequência mensal da direção do vento, referente ao período 2003-12.

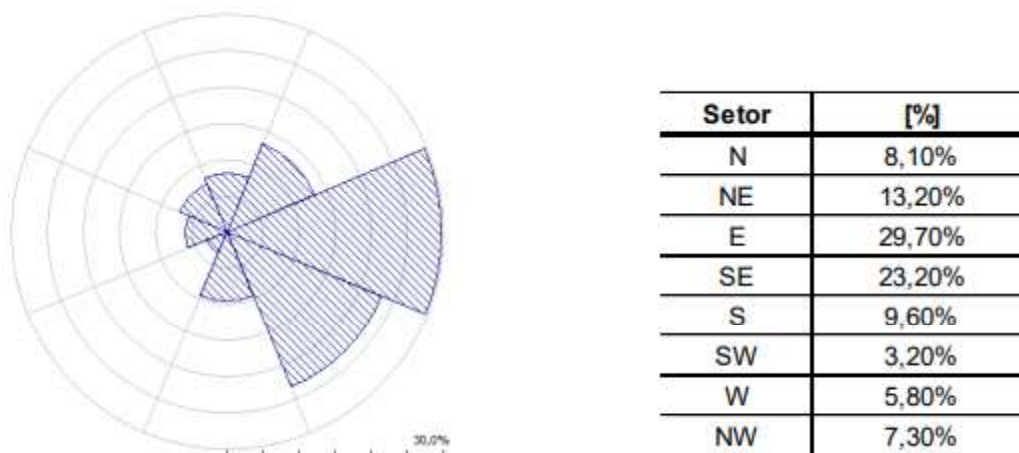
	Calmaria	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Mais freqüente	mar	mar	nov	nov	ago	jul	jul	jun	mai
-	fev	abr	dez	dez	set	jun	jun	mai	abr
-	abr	nov	out	out	jul	ago	mai	jul	jun
-	mai	fev	jan	jan	jun	mai	ago	ago	jul
-	jun	dez	fev	fev	abr	set	abr	abr	ago
-	jul	out	mar	mar	mai	abr	set	set	mar
-	ago	jan	abr	set	fev	out	mar	mar	set
-	jan	mai	set	abr	out	mar	out	fev	fev
-	set	set	mai	mai	jan	jan	fev	out	jan
-	out	jun	ago	ago	mar	fev	jan	jan	out
-	dez	ago	jun	jul	dez	nov	dez	nov	dez
Menos freqüente	nov	jul	jul	jun	nov	dez	nov	dez	nov

Fonte: Maia, 2016.

Portanto, os ventos mais frequentes e com velocidades relevantes são os ventos leste e nordeste na quadra seca, e sudeste na quadra chuvosa.

A média anual de frequências dos ventos evidencia que os ventos mais frequentes são os ventos de leste (29,7%), sudeste (23,2%) e nordeste (13,2%), sendo então 66,1% da frequência total dos ventos em todos os oito setores, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Rosa dos ventos média anual elaborada com os dados observados referentes ao período 2003 – 2012 através do modelo WAsP e respectivas frequências por setor.



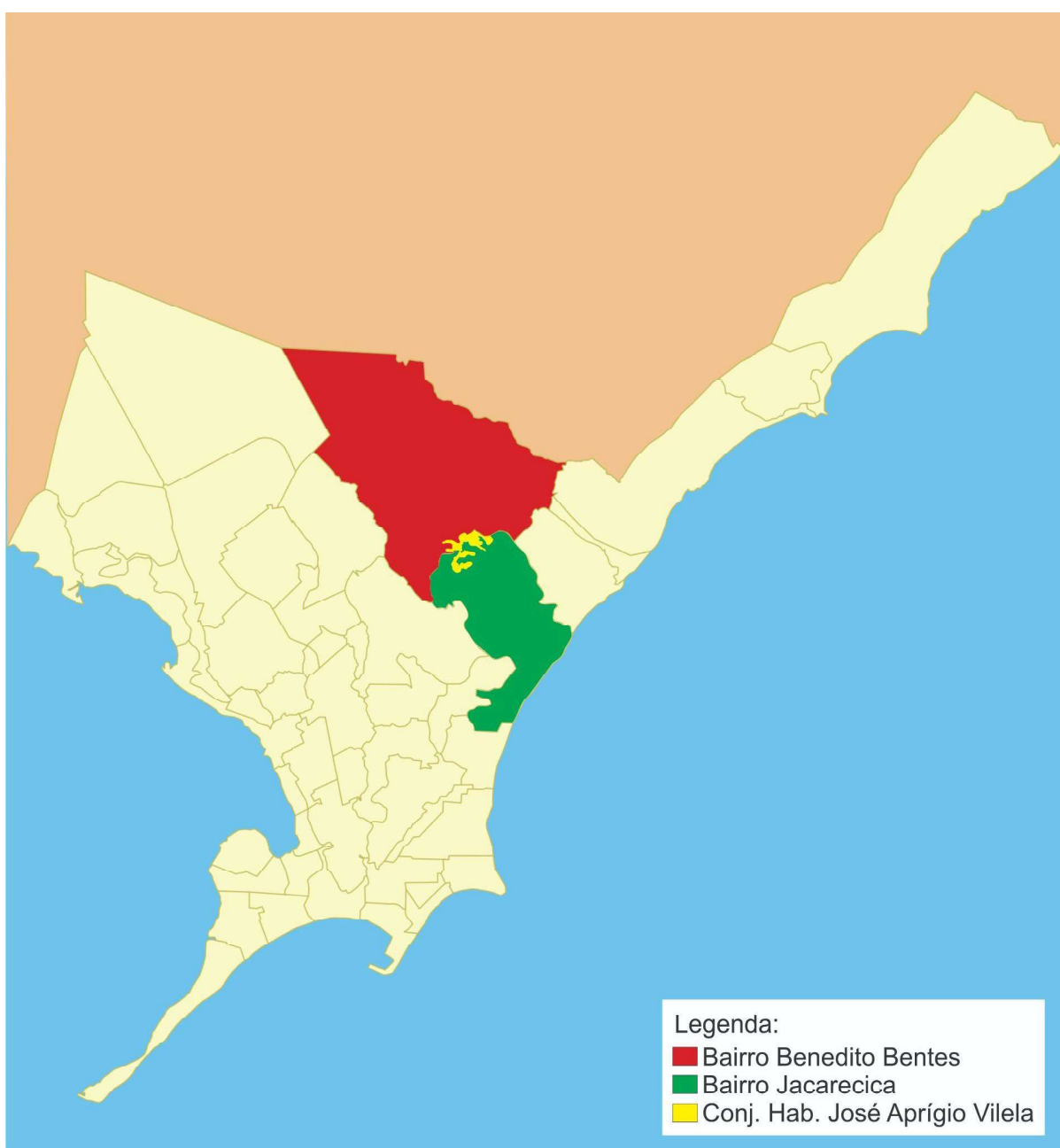
Fonte: Maia, 2016.

Portanto, para promover a ventilação cruzada nas edificações inseridas na cidade de Maceió/AL deve-se prever portas, janelas e vãos em posição oposta ou adjacente, possibilitando a circulação de ar fresco dentro do ambiente, levando o ar quente para fora da edificação.

5. Caracterização do Conjunto Habitacional e das habitações

O Conjunto Habitacional José Aprício Vilela, inaugurado no ano de 2014, pelo Governo do Estado, está localizado entre os bairros de Jacarecica e Benedito Bentes, na cidade de Maceió, Alagoas (Figura 3) e ocupa uma área de 277.276,81m² (MELO, 2017).

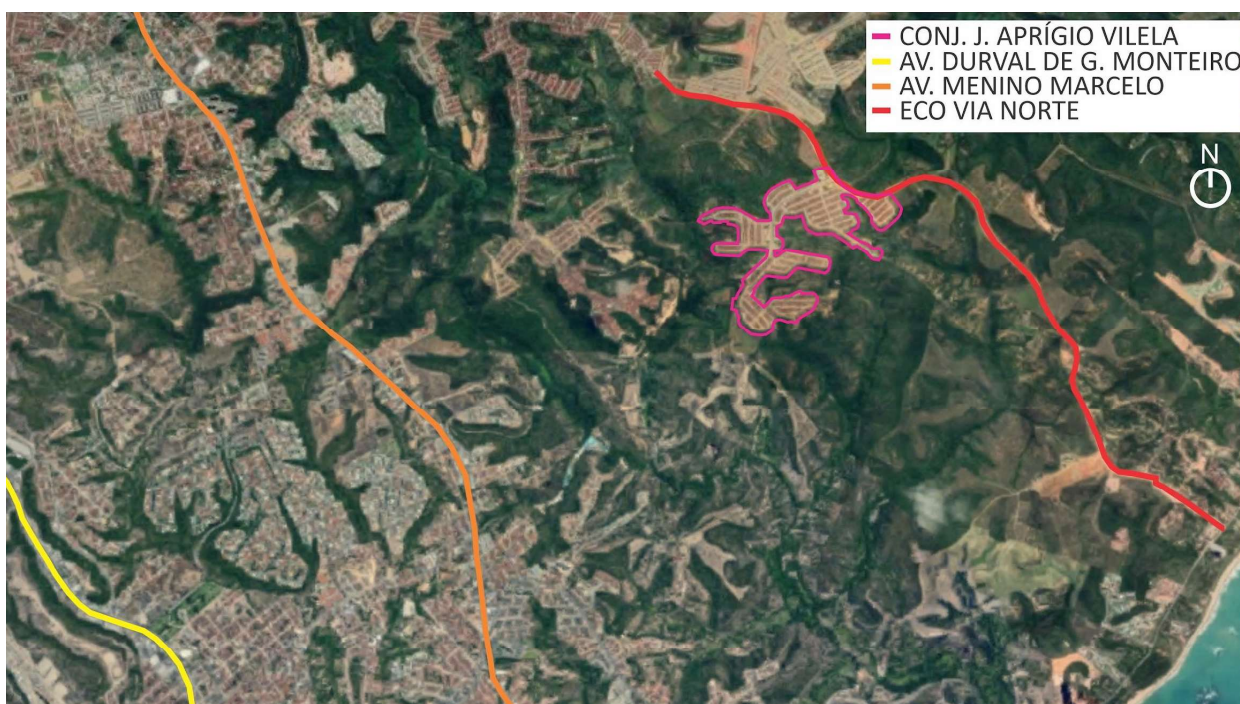
Figura 3 – Bairro Benedito Bentes, Bairro Jacarecica e Conjunto Habitacional José Aprício Vilela na cidade de Maceió-AL.



Fonte: Maceió (2014). Adaptada pela autora.

O conjunto localiza-se próximo a Ecovia Norte, via que liga o bairro Guaxuma com o bairro Benedito Bentes, parte baixa e alta da cidade, respectivamente. Como mostra a Figura 4. O conjunto em questão possui todas as vias internas pavimentadas, como também a via principal de acesso ao mesmo. Conta também com estação própria de tratamento de efluentes (ETE) onde o esgoto é filtrado e destinado a cursos d'água localizados nas proximidades.

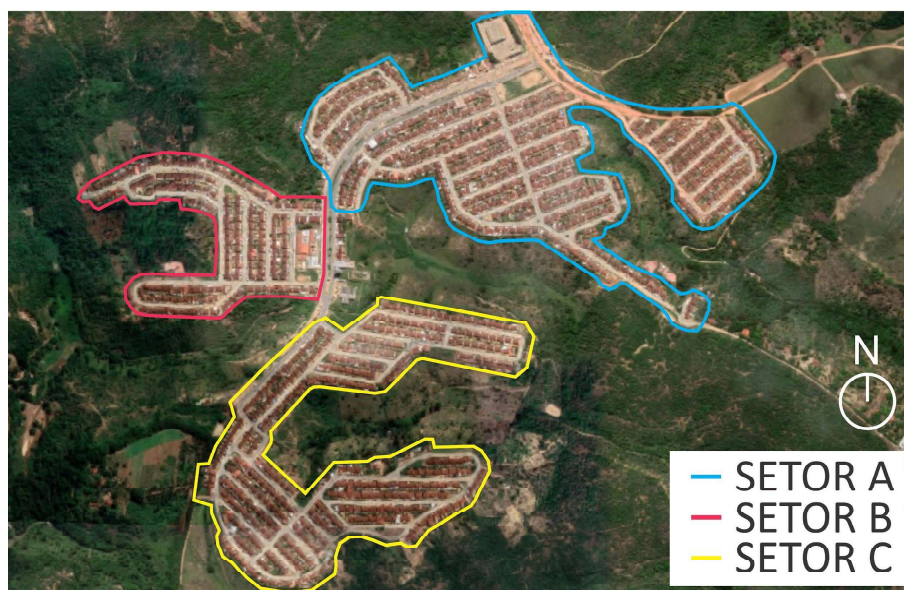
Figura 4: Relação do Conjunto Habitacional com as principais vias de Maceió-AL.



Fonte: Google Maps. Adaptada pela autora. Acesso em: 07 de dez. 2020

O conjunto habitacional é dividido em três setores, sendo eles: Setor A, com 26 quadras e 862 unidades habitacionais; Setor B, com 10 quadras e 346 unidades habitacionais; e o Setor C, com 26 quadras e 715 unidades habitacionais, totalizando 62 quadras e 1.923 habitações. O projeto engloba também áreas de preservação, áreas verdes e área para equipamentos comunitários (Figura 5).

Figura 5: Fotografia aérea do Conjunto José Aprício Vilela.

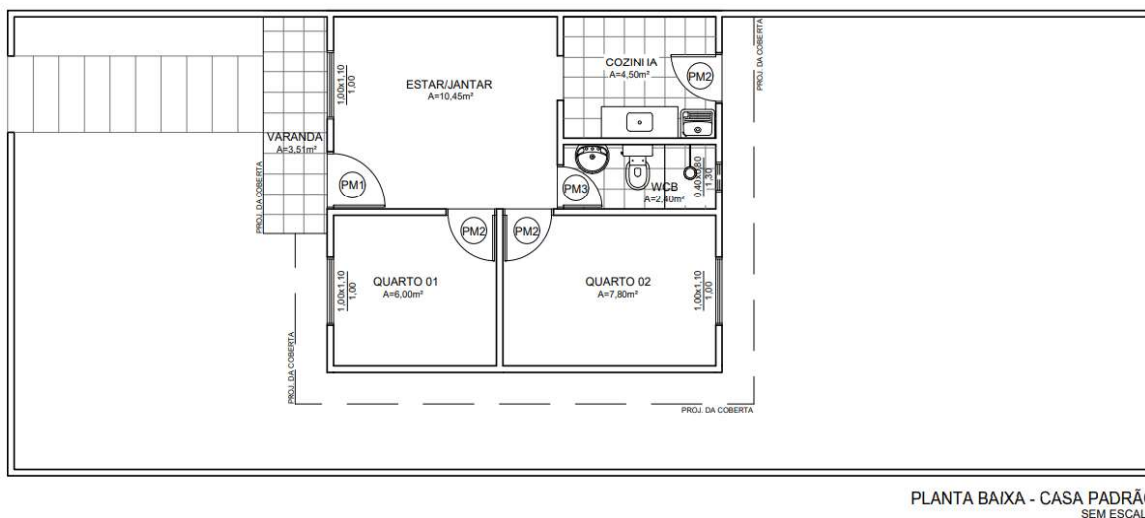


Fonte: Google Earth. Acesso em: 20 de nov. 2020

Foi observada a predominância de lotes cuja maior extensão está voltada para o eixo Leste-Oeste. Contudo, tal posição não é a mais indicada para o clima da região, pois as fachadas leste-oeste recebem radiação direta durante metade do período diurno, ao longo de todo o ano.

Há duas tipologias de habitação, “casa padrão” e “casa P.N.E” (portador de necessidades especiais), assim denominadas pelo programa. A casa padrão dispõe de sala de estar e jantar, dois quartos, banheiro, cozinha/área de serviço e varanda, totalizando 38,26m² de área construída (Figura 6).

Figura 6: Planta baixa - Casa Padrão.

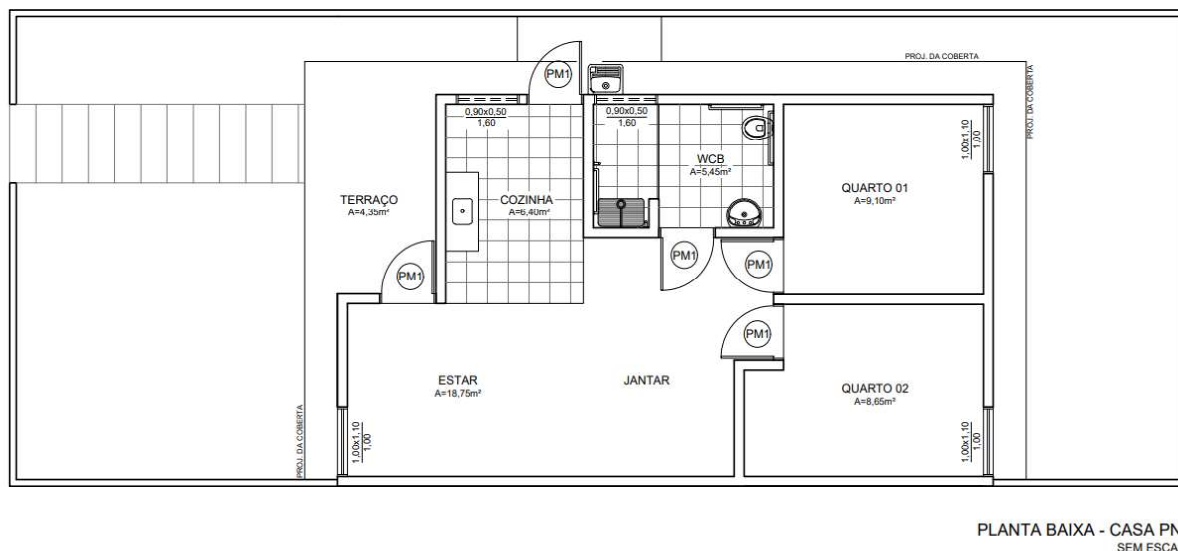


PLANTA BAIXA - CASA PADRÃO
SEM ESCALA

Fonte: SEINFRA, 2017

Já a casa P.N.E dispõe de sala de estar e jantar, dois quartos, banheiro, cozinha/área de serviço e varanda, totalizando 59,65m² de área construída. Os terrenos das duas tipologias possuem as mesmas dimensões (18x7,25 metros), como mostra a Figura 7.

Figura 7: Planta baixa - Casa PNE.



Fonte: SEINFRA, 2017

Para a execução desse trabalho, será utilizada a “casa padrão” pois é a tipologia encontrada em maior quantidade no conjunto habitacional e com isso, atende a maior quantidade de habitantes. Com relação às edificações, tratam-se de pares de casas geminadas, onde a cada duas casas há recuos laterais (Figura 8).

Figura 8: Casas do conjunto Habitacional José Aprígio Vilela.



Fonte: Google maps (2019)

As unidades são constituídas por sistemas construtivos convencionais e materiais padronizados. As vedações das habitações são compostas por tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces, com cobertura em madeiramento e telha cerâmica, com laje apenas no banheiro e forro de PVC nos demais ambientes. As esquadrias da sala de estar/jantar e dos quartos são similares: janelas de correr com folhas de vidro e janela do banheiro e cozinha (apenas na casa PNE) é do tipo basculante com folha de vidro.

Por se tratar de habitação de interesse social, é fundamental que sejam ofertados ambientes termicamente confortáveis para seus usuários, sem a dependência de climatização artificial, por ser onerosa para este público, tanto pelo custo de aquisição dos equipamentos quanto pelo custo da energia elétrica. Assim, o projeto deveria proporcionar conforto térmico aos usuários utilizando apenas os condicionantes naturais, com destaque para a ventilação cruzada, ou utilizando o mínimo de energia elétrica, por exemplo, pelo uso de ventiladores nos momentos mais quentes do dia e do ano.

Para avaliar o projeto dessas unidades habitacionais com vistas ao alcance do conforto térmico, faz-se necessário observar a adequação de sua configuração construtiva e arquitetônica e implantação no terreno, quanto às possibilidades de captação da ventilação natural e proteção contra a insolação excessiva. O capítulo a seguir descreve a metodologia empregada para o desenvolvimento da avaliação do desempenho térmico das unidades habitacionais, considerando os fatores mencionados.

6. Metodologia

Para a avaliação de desempenho térmico de habitações foi utilizada a Norma NBR 15.575 (ABNT, 2021) que estabelece três procedimentos, dentre os quais o procedimento simplificado, também denominado como Procedimento 1, onde são analisadas as vedações externas e cobertura dos ambientes de permanência prolongada.

Também foi realizado um estudo para identificar qual implantação apresenta condição mais favorável para o aproveitamento da ventilação dominante, utilizando os resultados da dissertação “Padrões de Escoamento do Vento na Região Metropolitana de Maceió” (Maia, 2016) como referência para identificar as frequências de vento ao longo do dia e do ano em Maceió. Para avaliar as condições de sombreamento, foi realizada a análise da carta solar de Maceió-AL com relação às janelas das habitações em suas diferentes implantações.

6.1 Procedimento Simplificado:

No procedimento simplificado, vedações e coberturas devem cumprir com níveis mínimos de transmitância e capacidade térmica. Tal procedimento divide-se em cinco partes, são elas:

6.1.1 Transmitância térmica de paredes externas

As paredes externas dos APP devem possuir valor de transmitância térmica (U_{par}) igual ou inferior ao valor de referência encontrado na NBR 15.575 (2021b). Como dito, a cidade de Maceió, onde o Conjunto Residencial José Aprício Vilela situa-se, está localizado na zona bioclimática 8, portanto a transmitância térmica das paredes externas aos APP precisam ter um valor menor ou igual a $2,5W/(m^2.K)$ e valor maior que $0,6W/(m^2.K)$ de absortância à radiação solar, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Transmitância térmica de paredes.

Transmitância térmica de paredes (U_{par}) $W/(m^2.K)$		
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 8	
$U_{par} \leq 2,7$	$\alpha_{par}^a \leq 0,6$	$\alpha_{par} > 0,6$
	$U_{par} \leq 3,7$	$U_{par} \leq 2,5$
^a α_{par} é a absorptância à radiação solar da superfície externa da parede. Recomenda-se a consideração da degradação do desempenho desta superfície, conforme ABNT NBR 15575-1:2021, 11.2. Os limites de α_{par} estabelecem a transmitância térmica de referência que deve ser considerada nas paredes externas.		

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2021b).

O valor da transmitância térmica indica a quantidade de calor que é conduzida de um lado da parede até o outro, em unidade de tempo, através de uma área unitária (ABNT, 2005a). Quanto menor o resultado obtido no cálculo, melhor é o isolamento térmico dos materiais. Já a absorptância é a propriedade de absorção da radiação solar em uma superfície, definida pela razão entre a energia solar absorvida por uma superfície e a energia total incidente sobre a mesma (ABNT, 2005a).

6.1.2 Capacidade térmica de paredes externas (CT_{par})

Para a ZB8, a norma afirma que não há requisitos de capacidade térmica das paredes externas dos ambientes de permanência prolongada, como visto na tabela 2.

Tabela 2: Capacidade térmica de referência para paredes externas.

Capacidade térmica de paredes (CT_{par}) $kJ/(m^2.K)$	
Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zona bioclimática 8
$CT_{par} \geq 130$	Sem requisito
Unidades habitacionais com APP que adotarem valores de capacidade térmica de paredes externas inferiores aos limites desta Tabela devem ser avaliadas por meio do procedimento de simulação computacional, conforme a ABNT NBR 15575-1:2021, 11.4.	

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2021b).

6.1.3 Percentual de abertura para ventilação

A norma estabelece que as unidades habitacionais devem atender à legislação específica da cidade na qual está localizada, incluindo códigos de obras, códigos sanitários, entre outros. Quando não houver exigências de ordem legal para o local de implantação das unidades habitacionais, os ambientes de permanência

prolongada devem possuir percentual de abertura para ventilação maior ou igual ao valor de referência, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Percentual de abertura de referência para ventilação.

Percentual de abertura para ventilação ($P_{v,APP}$) %		
ZB ^a 1 a 7	ZB 8 - Região Norte do Brasil	ZB 8 - Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil
$P_{v,APP} \geq 7,0$ % da área de piso	$P_{v,APP} \geq 12,0$ % da área de piso	$P_{v,APP} \geq 8,0$ % da área de piso

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2021b).

6.1.4 Percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes

As aberturas dos ambientes de permanência prolongada devem atender ao percentual de elementos transparentes ou à área de superfície dos elementos transparentes, conforme os limites de área de piso descritos na Tabela 4. Visto que todos os ambientes analisados possuem área menor que 20m², será utilizado o percentual de elementos transparentes para essa análise.

Tabela 4: Proporção de referência dos elementos transparentes.

Percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$) %	Área de superfície dos elementos transparentes ($A_{t,APP}$) m ²
$A_{p,APP} \leq 20,0$ m ²	$A_{p,APP} > 20,0$ m ²
$P_{t,APP} \leq 20$ %	$A_{t,APP} \leq 4,0$ m ²

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2021b).

Para o cálculo do percentual de elementos transparentes será utilizada a área de piso do ambiente de permanência prolongada ($A_{p,APP}$) expressa em metros quadrados (m²) e o percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$) e com isso é calculada a porcentagem dos elementos transparentes das esquadrias das edificações.

6.1.5 Transmitância térmica de coberturas

O fator de transmitância, representado como "U" ou "FT", é a medida que indica a quantidade de calor que passa através de um material ou elemento

construtivo. Um valor mais baixo de transmitância térmica significa que o material é melhor isolante, ou seja, permite menos transferência de calor.

A cobertura da unidade habitacional deve reunir características que indiquem o atendimento de desempenho térmico mínimo, o valor de transmitância térmica (U_{cob}) precisa ser igual ou inferior a 1,5.FT, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Transmitância térmica de referência para coberturas.

Transmitância térmica de coberturas (U_{cob}) W/(m ² .K)				
Zonas bioclimáticas 1 e 2	Zonas bioclimáticas 3 a 6		Zonas bioclimáticas 7 e 8	
$U_{cob} \leq 2,30$	$\alpha_{cob}^a \leq 0,6$	$\alpha_{cob} > 0,6$	$\alpha_{cob} \leq 0,4$	$\alpha_{cob} > 0,4$
	$U_{cob} \leq 2,3$	$U_{cob} \leq 1,5$	$U_{cob} \leq 2,3.FT$	$U_{cob} \leq 1,5.FT$

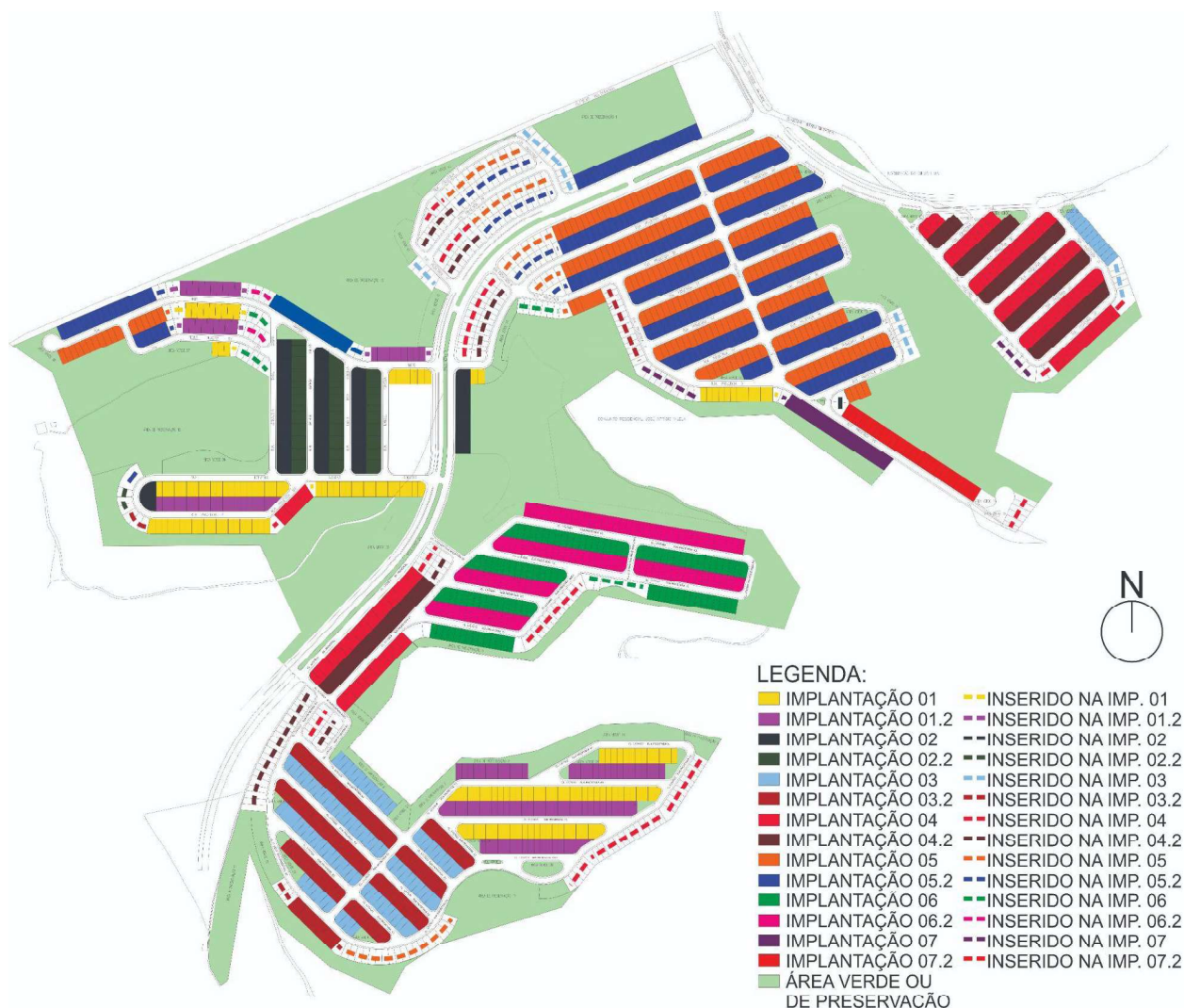
Fonte: NBR 15.575-5 (ABNT, 2021c).

Foram identificadas as condutividades térmicas dos materiais encontrados nas habitações do conjunto. A telha cerâmica apresenta uma condutividade térmica de aproximadamente 0,9 W/m.K. Por sua vez, o forro de PVC possui uma condutividade térmica de 0,20 W/m.K. As espessuras dos materiais foram definidas da seguinte forma: a telha cerâmica tem uma espessura de 3 cm (0,03m) e o forro de PVC apresenta uma espessura de 1 cm (0,01m).

6.2 Definição das implantações estudadas

Estudando-se a planta de locação do Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela e com o auxílio de imagens de satélite, foram identificados quatorze tipos de implantações das habitações. Tais implantações foram escolhidas por serem as de maior quantidade, distribuídas pelos três setores existentes, como mostra a Figura 9.

Figura 9: Tipos de implantações encontradas no Conjunto Habitacional José Aprício Vilela ao qual serão estudadas.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

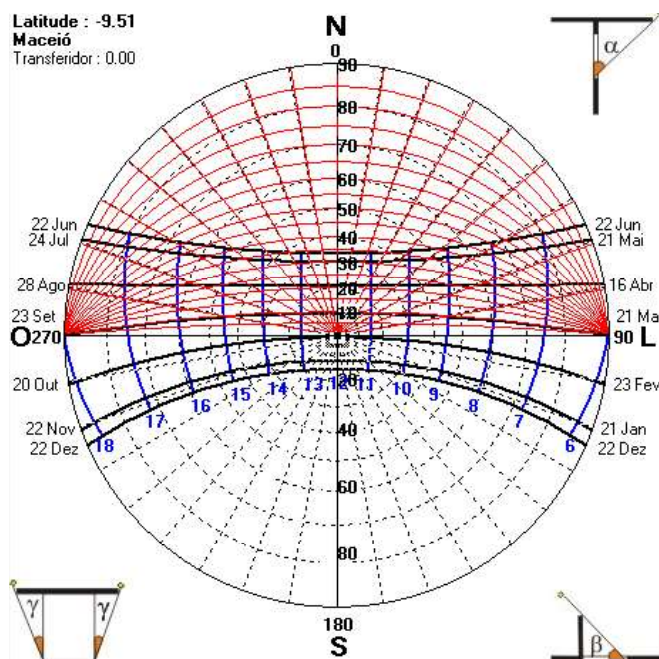
Os lotes que estão com as linhas tracejadas possuem variações nas inclinações e, com isso, menor quantidade. Logo, foram desconsiderados para o estudo detalhado, mas foram incluídos, com o critério de proximidade ao ângulo de inclinação com relação ao norte às implantações estudadas, para que todas as habitações sejam incluídas no presente trabalho.

6.3 Estudo de insolação

Foi realizado o estudo da carta solar de Maceió (Figura 10) com relação às janelas de cada APP para os quatorze casos, a fim de detectar quais implantações

apresentam uma melhor condição de desempenho térmico com relação às horas de sombreamento e incidência solar direta.

Figura 10: Carta Solar de Maceió.



Fonte: Software SOL-AR (2022)

Foram escolhidas quatro datas para tal análise, são elas os dias 21 de Março, 22 de Junho, 23 de Setembro e 22 de Dezembro, pois são: Equinócio de Outono, Solstício de inverno, Equinócio de primavera e Solstício de verão, respectivamente. Embora em Maceió a distinção das estações do ano dessa maneira não evidencie diferenças nas condições meteorológicas vivenciadas, tais datas foram escolhidas a fim de representar trajetórias solares distintas. Com isso, foi elaborado a Tabela 23 (ver Cap. 7, item 7.3), que mostra a síntese dos resultados obtidos com as máscaras de sombra das aberturas dos APPs, contendo: quantidade de horas em que as janelas são sombreadas; total de horas e média de horas que as mesmas ficam sombreadas nesses quatro dias do ano. As condições de sombreamento foram classificadas entre “bem protegida”, “razoavelmente protegida” e “mal protegida” conforme a Tabela 6:

Tabela 6: Classificação de proteção solar em horas das janelas estudadas.

CLASSIFICAÇÃO	QUANTIDADE DE HORAS COM PROTEÇÃO SOLAR (INTERVALO 10H ÀS 16H)
BEM PROTEGIDA	DURANTE TODO O INTERVALO
RAZOAVELMENTE PROTEGIDA	DURANTE PELO MENOS 3 HORAS DESTE INTERVALO
MAL PROTEGIDA	MENOS DE 3 HORAS DESTE INTERVALO OU FORA DESTE INTERVALO

Fonte: Elaboração autoral, 2023.

Foi escolhido o intervalo das 10h às 16h pois é o horário mais crítico, uma vez que o sol está mais alto no céu fazendo com que seja o período no qual as temperaturas são mais elevadas e os raios solares sejam mais diretos e intensos.

6.4 Estudo da incidência dos ventos

Para o estudo da incidência dos ventos foram utilizados dados do INMET (2021), a dissertação “Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió” de Ruany Maia (2016) e a tese “Aplicação de Modelo de Balanço de Energia para Análise do Ambiente Térmico Urbano de Maceió – AL” de Barbirato (1998) além do software Sol-AR.

No Sol-AR é possível observar, na rosa dos ventos, a frequência de ocorrência dos ventos e sua velocidade média para cada estação do ano nas orientações: Norte, Sul, Leste, Oeste, Nordeste, Noroeste, Sudeste e Sudoeste, em diversas cidades do Brasil, inclusive na cidade de Maceió-AL. O Sol-AR também possibilita a confecção de máscaras de sombra para aberturas a partir da carta solar local.

Com as principais direções dos ventos conhecidas, a rosa dos ventos foi sobreposta às 14 implantações selecionadas no Conj. Aprígio Vilela de acordo com as suas orientações solares. Foram analisados os ambientes de permanência prolongada com relação aos ventos e seu comportamento em cada um deles.

Para obter o percentual de horas anuais com incidência dos ventos nas implantações analisadas, foram utilizados os dados de frequência dos ventos por setor de acordo com Maia (2016), onde mostra que a média anual de frequência dos ventos com maior incidência é: leste (29,7%), sudeste (23,2%) e nordeste (13,2%),

sendo então 66,1% da frequência total dos ventos com relação aos oito setores (ver Cap. 4.1, figura 2).

As incidências dos ventos sob a implantações e cada um dos seus Ambientes de Permanência Prolongada foram classificadas entre “bem ventilada”, “razoavelmente ventilada” e “mal ventilada” conforme a Tabela 7:

Tabela 7: Classificação de incidência dos ventos para os APPs.

CLASSIFICAÇÃO	PERCENTUAL DE HORAS ANUAIS COM INCIDÊNCIA DE VENTO
BEM VENTILADA	ACIMA DE 90%
RAZOAVELMENTE VENTILADA	DURANTE 70-90%
MAL VENTILADA	DURANTE 50-70%

Fonte: Elaboração autoral, 2023.

7. Resultados e discussão

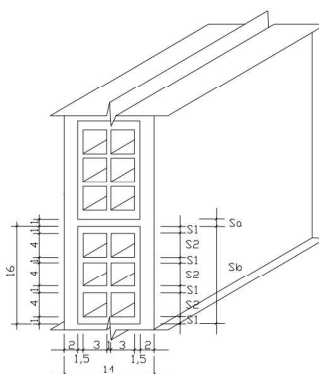
Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises do desempenho térmico, incidência da ventilação e sombreamento das unidades habitacionais selecionadas para estudo.

7.1 Análise segundo a NBR 15.575

7.1.1 Transmitância térmica de paredes externas

As vedações externas das casas do conjunto em estudo são compostas por tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces.



Fonte: NBR 15.220-2 (2015)

Segundo a NBR 15.220-2 (2015) a transmitância térmica das paredes, com tijolos com dimensões de 32x16x10cm, é:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,4117} = 2,43 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Portanto, o valor de transmitância está dentro do valor de referência recomendado pela norma de desempenho, tornando o ambiente confortável termicamente nesse critério.

7.1.2 Capacidade térmica de paredes externas (CTpar)

Para a Zona Bioclimática 8 não há requisito mínimo para a capacidade térmica das paredes externas dos ambientes de permanência prolongada.

Todavia, para fins informativos, segundo a NBR 15.220-2 (2005b) a capacidade térmica das paredes compostas por tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces é de $160 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$.

7.1.3 Percentual de abertura para ventilação

A tipologia das esquadrias encontradas nas salas de estar e jantar e nos dois quartos da habitação são janelas de correr com duas folhas (Figura 12). Segundo o RTQ-R (2012), no “Anexo II - Tabela de desconto das esquadrias”, a porcentagem útil da esquadria em questão para ventilação do ambiente é de 45% da área total da esquadria.

Figura 12: Fachada principal “Casa padrão” do Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Alagoas 24 horas (2014)

O cálculo de área útil para ventilação resulta da divisão entre a área livre para a passagem do vento e a área total da esquadria, tendo sido obtidos os resultados indicados na Tabela 8.

Tabela 8: Aberturas existentes para ventilação natural.

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO NATURAL					
Ambiente	Área de piso do ambiente (m ²)	Área útil de abertura existente (m ²)	Área de abertura necessária (m ²)	Percentual de abertura para ventilação	Tipo de esquadria
Estar/jantar	10,4	0,49	0,83	4,6%	Correr
Quarto 01	6	0,49	0,48	8,1%	Correr
Quarto 02	7,8	0,49	0,62	6,2%	Correr

Fonte: Elaboração autoral (2021)

O percentual de abertura para ventilação da sala de estar/jantar, quarto 01 e quarto 02 são 4,6%, 8,1% e 6,2%, respectivamente. Para a ZB8, a NBR 15575-4 estabelece como percentual mínimo 8% da área de piso do ambiente como área de abertura para ventilação necessária. Dessa forma, apenas o quarto 01 possui esquadria com dimensão adequada para ventilação do ambiente, a sala de estar/jantar e o quarto 02 não possuem áreas de abertura suficientes para garantir um fluxo de vento ideal, com isso, prejudicando o desempenho térmico da habitação e o conforto dos moradores.

7.1.4 Percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes

As esquadrias encontradas nos ambientes de permanência prolongada da habitação em questão são similares e possuem 1,1m². Ademais, não há outro elemento transparente entre os ambientes de permanência prolongada e o exterior da habitação. Logo, o percentual dos elementos transparentes dos APPs estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9: Percentual de elementos transparentes por ambiente.

PERCENTUAL DE ELEMENTOS TRANSPARENTES POR AMBIENTE					
Ambiente	Dimensões das esquadrias (m) (LxH)	Área do ambiente (m²)	Área dos elementos transparentes (m²)	Percentual dos elementos transparentes existentes	Percentual dos elementos transparentes exigidos por norma
Sala de estar/jantar	1,00x1,10m	10,4	1,1	10,5%	<20%
Quarto 01	1,00x1,10m	6	1,1	18,3%	<20%
Quarto 02	1,00x1,10m	7,8	1,1	14,1%	<20%

Fonte: Elaboração autoral, 2021.

Portanto, é possível concluir que todos os ambientes de permanência prolongada da habitação estão dentro do limite proposto pela NBR 15.575 (2021), onde o percentual dos elementos transparentes devem ser menores que 20% da área do APP.

7.1.5 Transmitância térmica de coberturas

A resistência térmica de cada camada é calculada utilizando a fórmula:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Onde “R” representa a resistência térmica, “d” é a espessura do material e “λ” é a condutividade térmica.

Para a telha cerâmica, a resistência térmica é calculada como:

$$R_{telha} = \frac{0,03}{0,9} \approx 0,0333 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Para o forro de PVC, a resistência térmica é calculada da seguinte forma:

$$R_{PVC} = \frac{0,01}{0,20} = 0,0500 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Ao somar as resistências térmicas, obtemos a resistência térmica total “Rt”:

$$R_t = R_{telha} + R_{PVC} \approx 0,0333 + 0,0500 \approx 0,0833 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

A transmitância térmica “U” é calculada pela fórmula:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Substituindo os valores, obtemos:

$$U = \frac{1}{0,0833} \approx 12,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Portanto, a transmitância térmica da cobertura com telha cerâmica colonial e forro de PVC, considerando a condutividade térmica do forro, é de aproximadamente 12,00 W/m²·K. Sendo assim, o valor encontrado está fora do valor de referência proposto pela norma.

7.2 Análise da ventilação das UH

7.2.1 Implantação 01

Os lotes representativos da implantação 01, possuem a fachada principal voltada para o norte. Eles são 8,74% do total de 1.978 lotes existentes no conjunto e somam 173 lotes. A Figura 13 mostra a localização das implantações no conjunto.

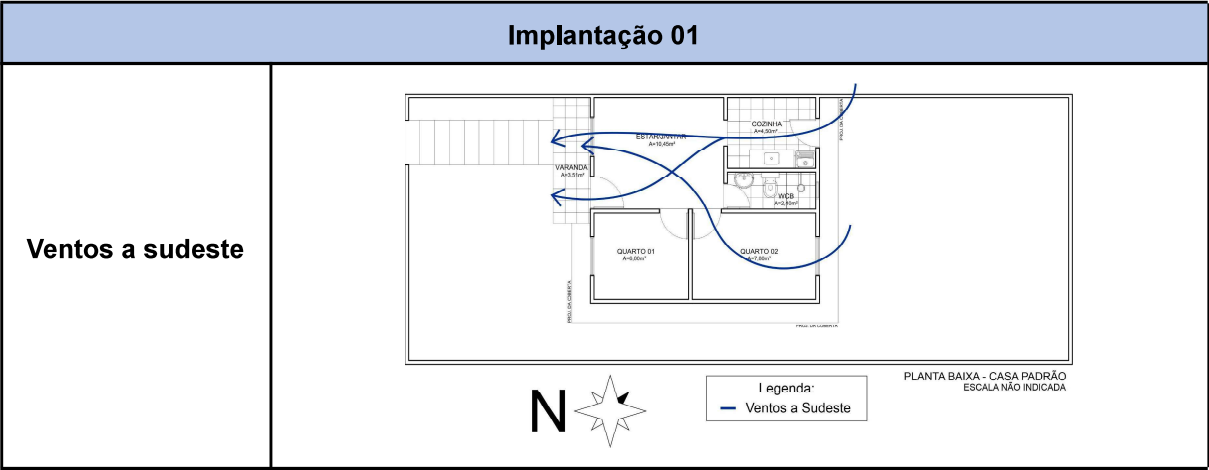
Figura 13: Localização dos lotes da Implantação 01 no Conjunto José Aprício Vilela.

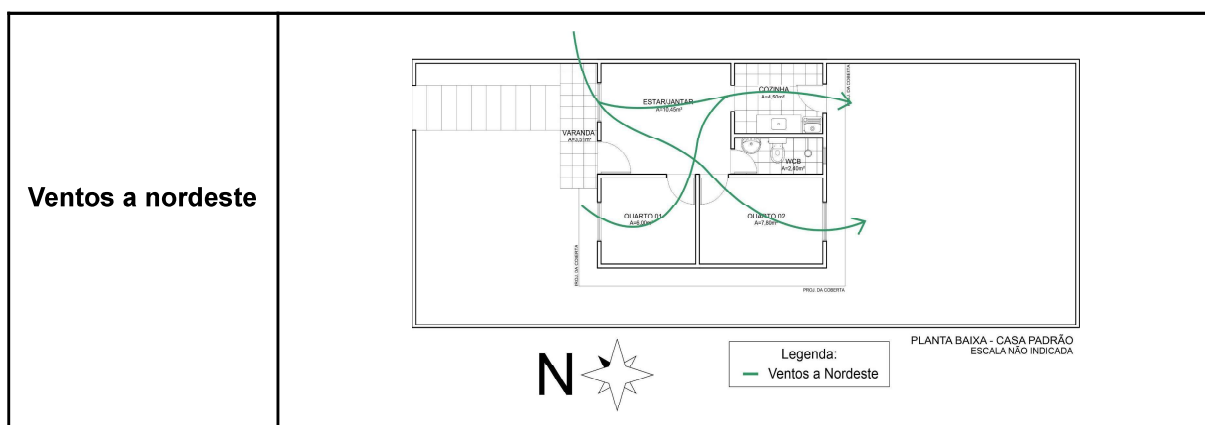


Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

É possível ver no Quadro 3 que na habitação ocorre a presença dos ventos de nordeste e sudeste. Entretanto, não há presença de ventos a leste.

Quadro 3: Planta baixa da implantação 01 com a incidência dos ventos predominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 10 apresenta os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos.

Tabela 10: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 01

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Feb, Mar, Out, Nov e Dez	Sala de estar/jantar Quarto 01
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	Quarto 02 Cozinha

Fonte: Adaptado de Maia (2021)

O Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01. Ademais, caso não existam obstáculos externos, a Cozinha receberá ventilação no período do dia ao qual será ocupada durante todo o ano e o Quarto 01 também receberá ventilação no horário ao qual será ocupado no período mais quente do ano (outubro à março).

Com relação aos obstáculos externos, as habitações localizadas próximo às áreas verdes possuem chances de receber uma maior ventilação que as habitações localizadas em ruas centrais do conjunto.

7.2.2 Implantação 01.2

Os lotes representativos da implantação 01.2 possuem a fachada principal voltada para sul. Eles são 6,11% do total de lotes existentes no conjunto e somam 121 lotes. A Figura 14 mostra a localização das implantações no conjunto.

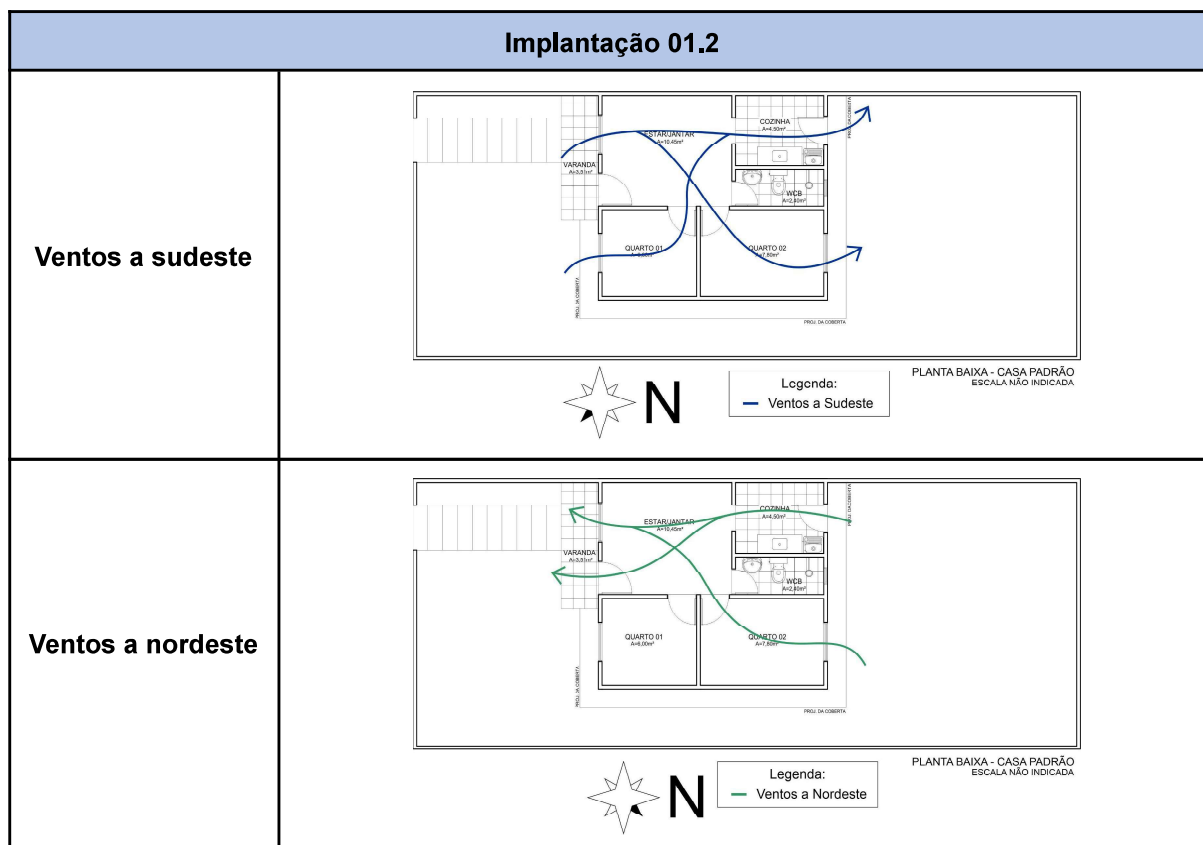
Figura 14: Localização dos lotes da Implantação 01.2 no Conjunto José Aprigio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

É possível notar no Quadro 4 que esta implantação favorece a captação dos ventos de nordeste e sudeste. Entretanto, não há captação de ventos a leste.

Quadro 4: Planta baixa da implantação 01.2 com a incidência dos ventos predominantes.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 11 apresenta os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos.

Tabela 11: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 01.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar e Quarto 01
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	Quarto 02 Cozinha

Fonte: adaptado de Maia (2021)

A Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, é necessário manter as janelas desses ambientes abertas juntamente com a porta da cozinha e a janela do Quarto 02.

7.2.3 Implantação 02

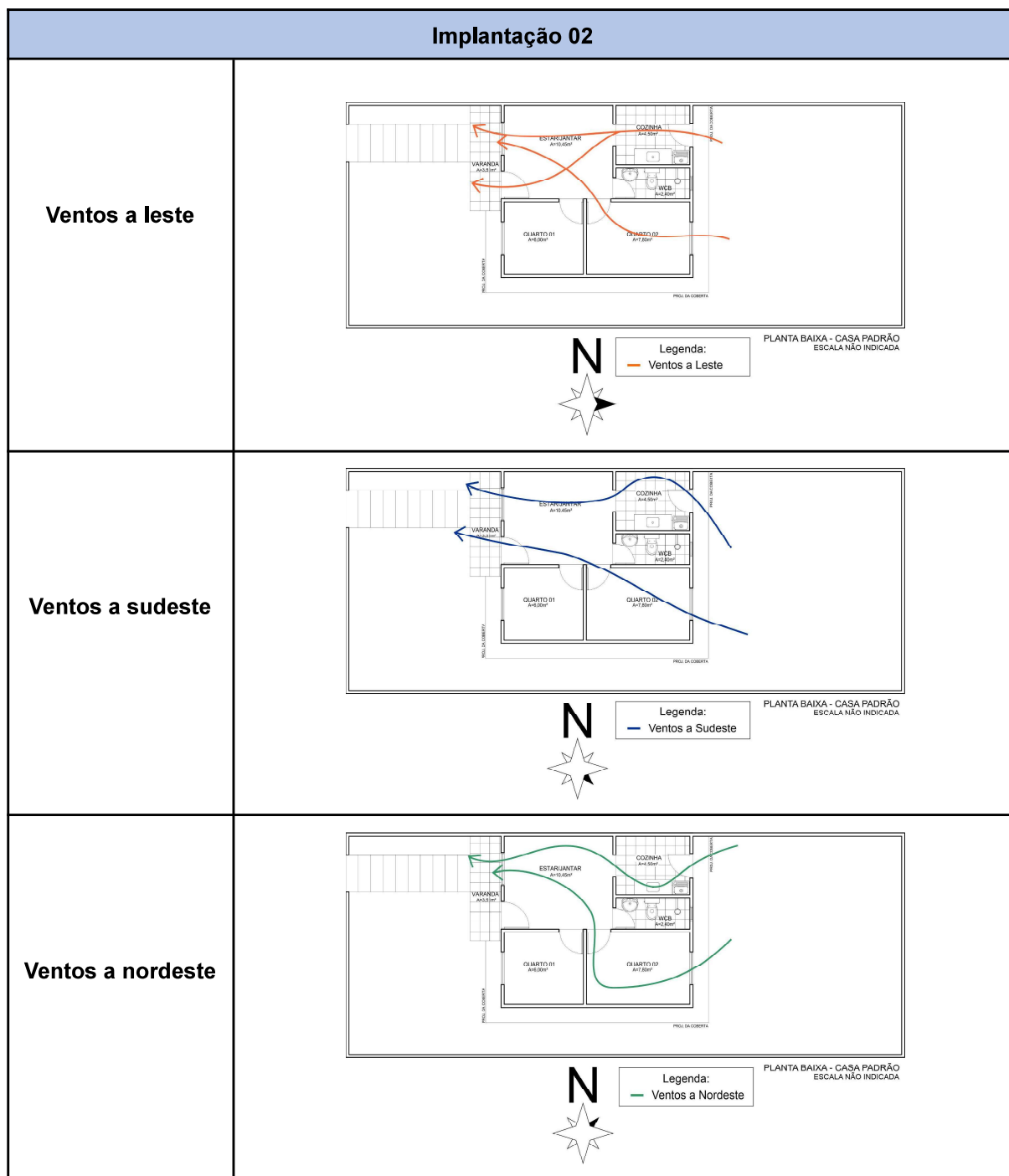
Os 77 lotes representativos da implantação 2 possuem a fachada principal voltada para oeste e representam 3,89% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 15 mostra a localização das implantações no conjunto. Estas unidades estão expostas às 3 incidências predominantes de vento: leste, nordeste e sudeste (Quadro 5).

Imagem 6: Localização dos lotes da Implantação 02 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 5: Planta baixa da implantação 02 com a incidência dos ventos dominantes.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 12 apresenta os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos. O Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário

manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 12: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 02

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02 Cozinha
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.4 Implantação 02.2

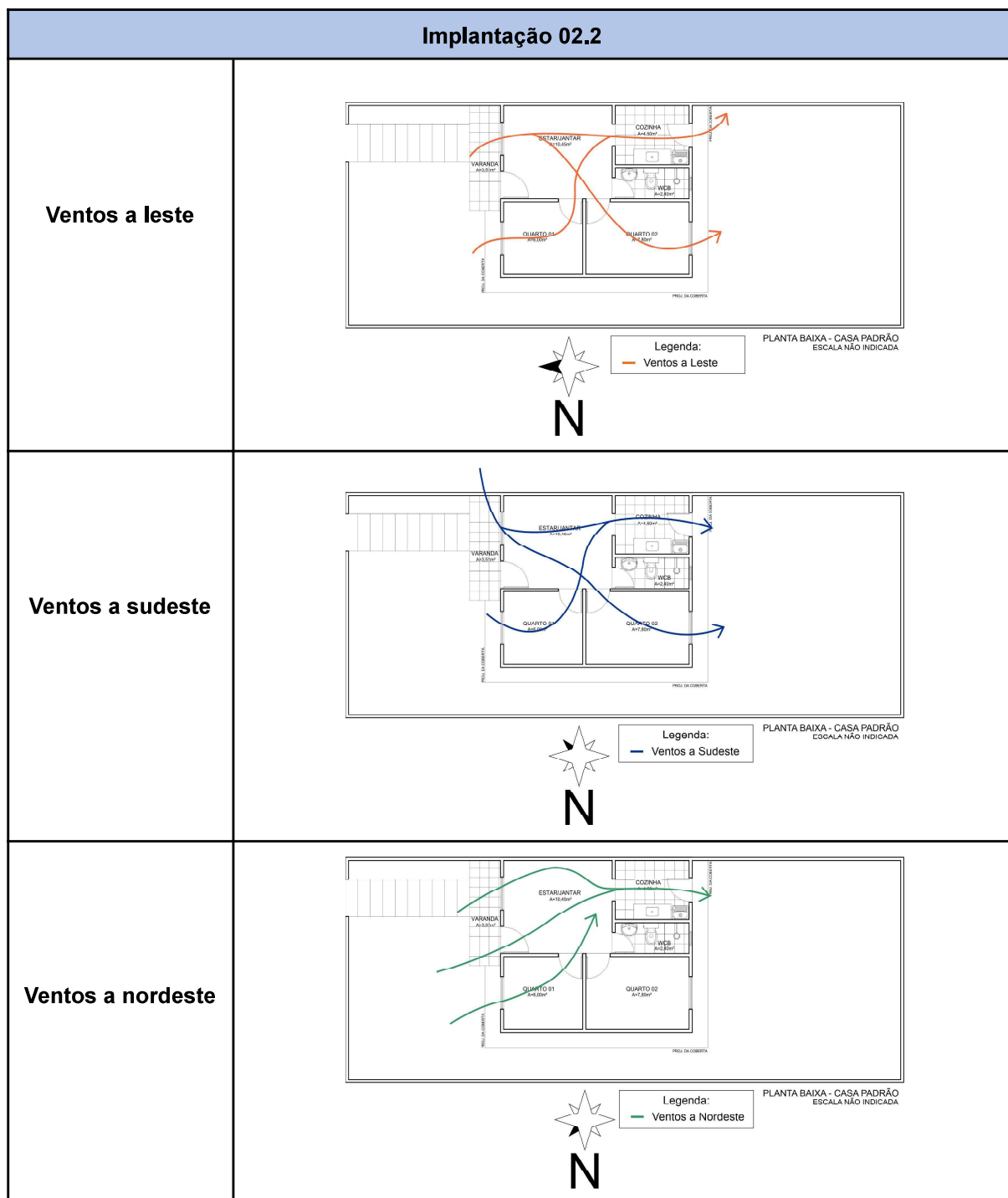
Os 57 lotes representativos da implantação 02.2 possuem a fachada principal voltada para leste, representando 2,88% do total de lotes existentes no conjunto (Figura 16). O Quadro 6 ilustra a incidência dos ventos leste, sudeste e nordeste na habitação.

Figura 16: Localização dos lotes da Implantação 02.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 6: Planta baixa da implantação 02.2 com a incidência dos ventos dominantes.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 13 apresenta os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos. Observa-se que a Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no

período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter as janelas desses ambientes abertas juntamente com a porta da cozinha e a janela do Quarto 02.

Tabela 13: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 02.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 1
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.5 Implantação 03

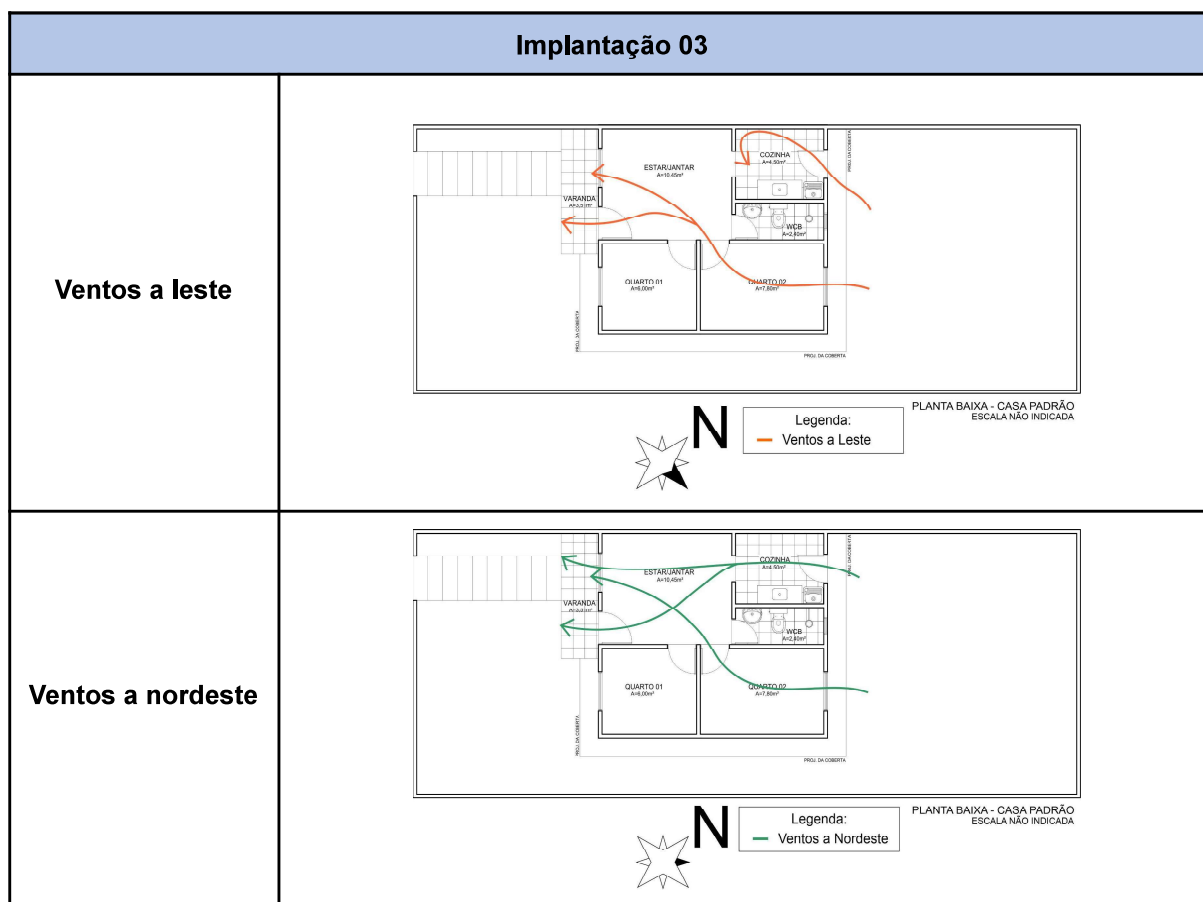
Os 114 lotes representativos da implantação 03 possuem a fachada principal voltada para nordeste, correspondendo a 5,76% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 17 mostra a localização das implantações no conjunto. Estas unidades estão sujeitas à incidência dos ventos de leste e nordeste. (Quadro 7).

Figura 17: Localização dos lotes da Implantação 03 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 7: Planta baixa da implantação 03 com a incidência dos ventos dominantes.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 14 apresenta os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos.

Tabela 14: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 03

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02 Cozinha
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

De acordo com os dados da Tabela 13, o Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano no período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

7.2.6 Implantação 03.2

Os 104 lotes representativos da implantação 03.2 possuem a fachada principal voltada para sudoeste, representando 5,25% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 18 mostra a localização das implantações no conjunto.

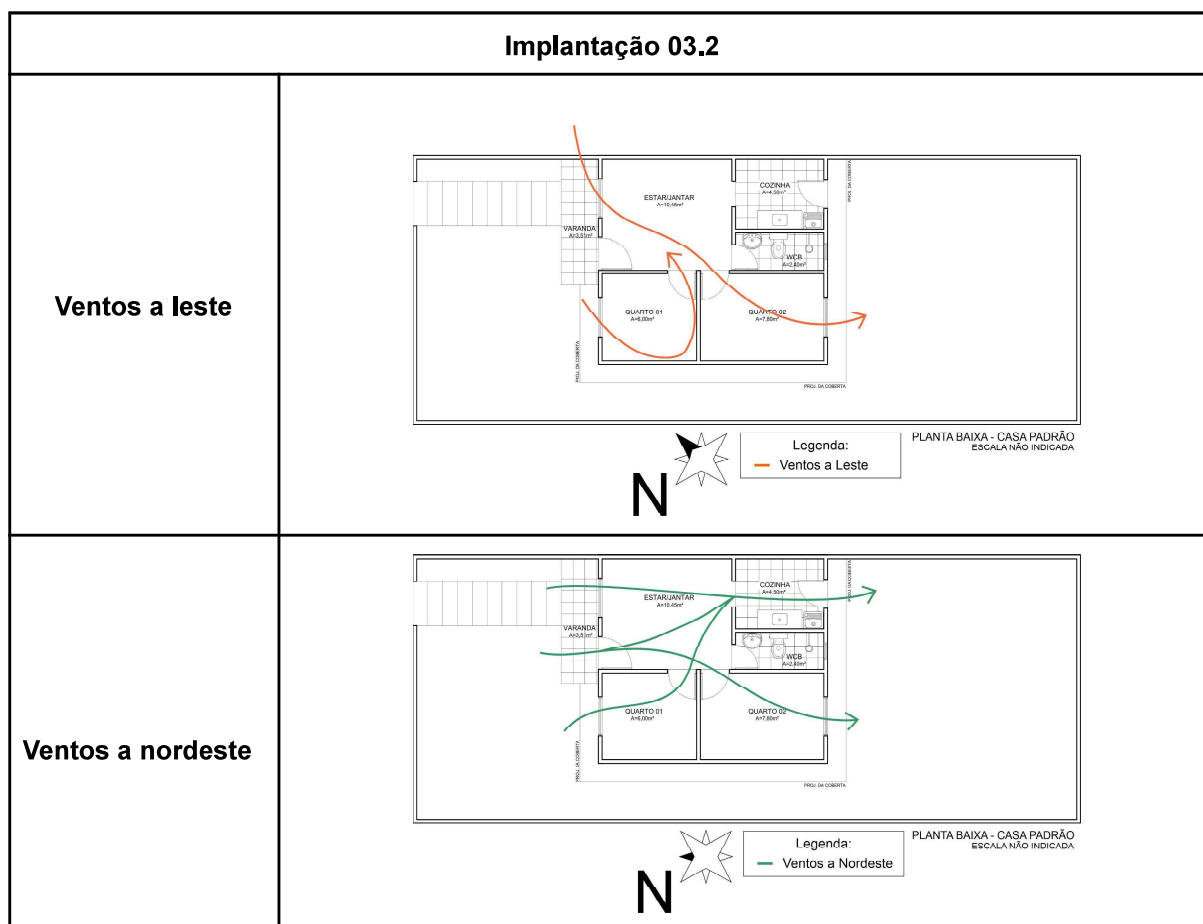
Figura 18: Localização dos lotes da Implantação 03.2 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Conforme ilustrado no Quadro 8, a habitação está sujeita à incidência dos ventos de leste e nordeste. Na Tabela 15, observa-se os cômodos de longa permanência, os ventos predominantes, horários de maior ventilação no período seco e chuvoso, mês com maior velocidade dos ventos com sua respectiva velocidade e velocidade média anual dos ventos. A Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter as janelas desses ambientes abertas juntamente com a porta da cozinha e a janela do Quarto 02.

Quadro 8: Planta baixa da implantação 03.2 com a incidência dos ventos dominantes.



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Tabela 15: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 03.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.7 Implantação 04

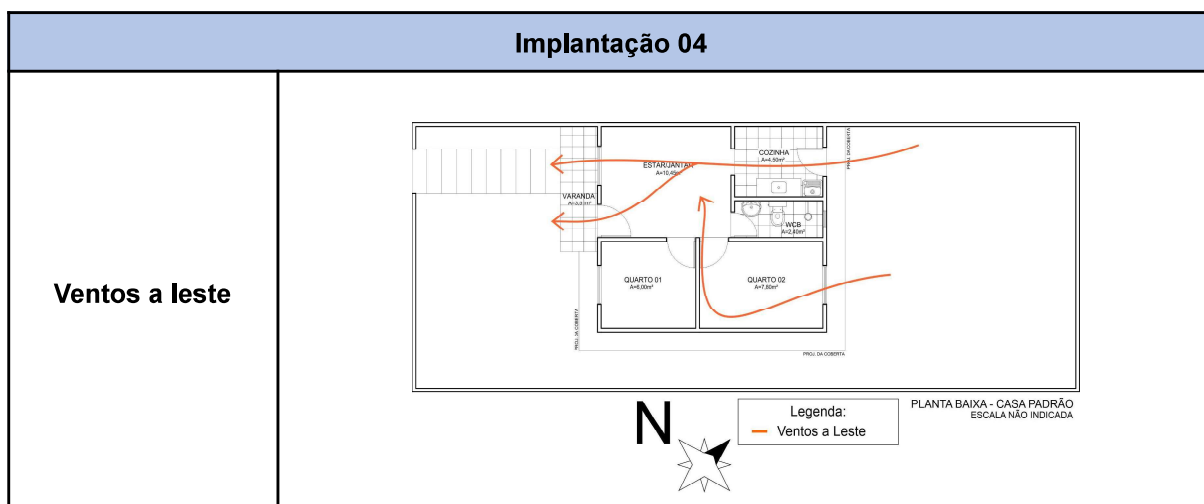
Os 129 lotes representativos da implantação 04 possuem a fachada principal voltada para noroeste, representando 6,52% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 19 mostra a localização das implantações no conjunto. O Quadro 9 ilustra as incidências às quais essas unidades encontram-se expostas, leste e sudeste.

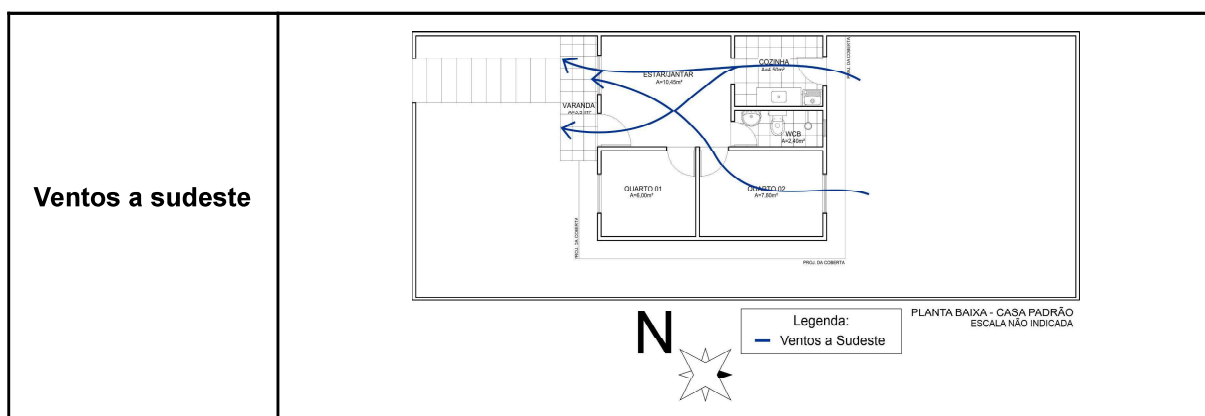
Figura 19: Localização dos lotes da Implantação 04 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024

Quadro 9: Planta baixa da implantação 04 com a incidência dos ventos dominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Considerando-se os ventos predominantes, os horários de maior ventilação no período seco e chuvoso e os meses com maior velocidade dos ventos, indicados na Tabela 16, verifica-se que o Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 16: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 04

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02 Cozinha
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.8 Implantação 04.2

Os 96 lotes representativos da implantação 04.2 possuem a fachada principal voltada para sudeste, representando 4,85% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 20 mostra a localização das implantações. Os ventos de leste e sudeste incidem sobre esses lotes, podendo ser captados pelas unidades, conforme ilustrado no Quadro 10.

Figura 20: Localização dos lotes da Implantação 04.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 10: Planta baixa da implantação 04.2 com a incidência dos ventos dominantes.

Implantação 04.2	
Ventos a leste	PLANTA BAIXA - CASA PADRÃO ESCALA NÃO INDICADA
Ventos a sudeste	PLANTA BAIXA - CASA PADRÃO ESCALA NÃO INDICADA

Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Considerando as condições de exposição dos ambientes aos ventos predominantes indicada na Tabela 17 estão corretos, observa-se que a Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter as janelas desses ambientes abertas juntamente com a porta da cozinha e a janela do Quarto 02.

Tabela 17: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 04.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.9 Implantação 05

Os 219 lotes representativos da implantação 5 possuem a fachada principal voltada para noroeste, representando 11,1% do total de lotes existentes no conjunto. A Figura 21 mostra a localização das implantações no conjunto. De acordo com o Quadro 11, os ventos de leste, sudeste e nordeste incidem sobre essas unidades.

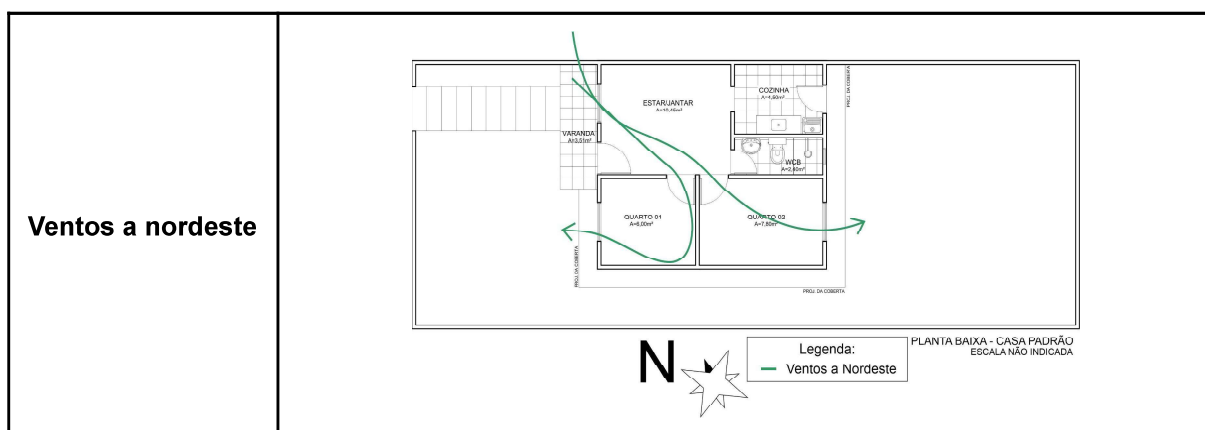
Figura 21: Localização dos lotes da Implantação 05 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 11: Planta baixa da implantação 5 com a incidência dos ventos dominantes.

Implantação 05	
Ventos a leste	
Ventos a sudeste	



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Correlacionando-se a localização dos ambientes com a incidência dos ventos (Tabela 18), observa-se que Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 18: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 05

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	Sala de estar/jantar Quarto 01
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02 Cozinha
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.10 Implantação 05.2

Os 234 lotes representativos da implantação 5.2 possuem a fachada principal voltada para sudeste, correspondendo a 11,8% do total de lotes existentes no conjunto (Figura 22). Estas unidades estão sujeitas à incidência dos ventos de leste, sudeste e nordeste (Quadro 12).

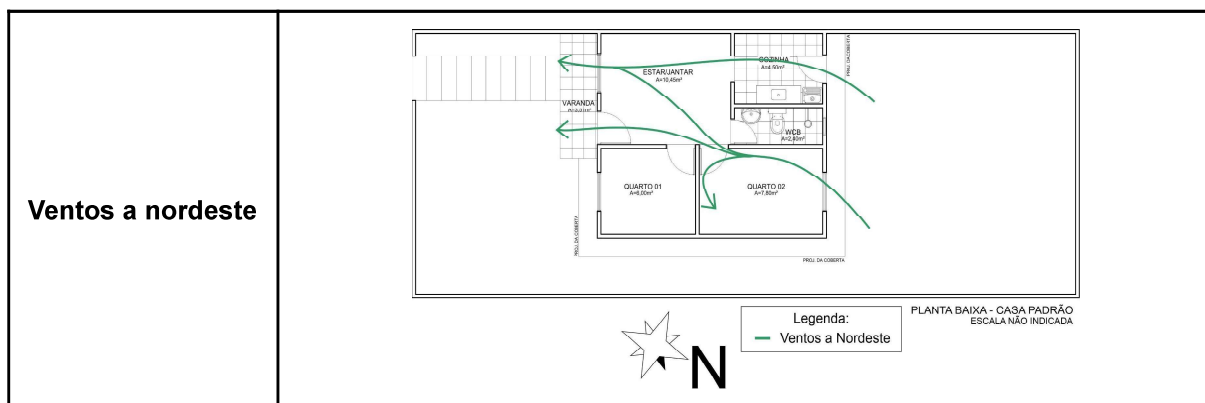
Figura 22: Localização dos lotes da Implantação 05.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 12: Planta baixa da implantação 5.2 com a incidência dos ventos dominantes.

Implantação 05.2	
Ventos a leste	Diagrama de planta baixa da casa padrão mostrando a incidência dos ventos dominantes a leste. As setas laranças indicam a direção dos ventos entrando pela varanda e se espalhando para o interior da casa, atingindo o estar/jantar, a cozinha e os quartos. Legenda: — Ventos a Leste PLANTA BAIXA - CASA PADRÃO ESCALA NÃO INDICADA
Ventos a sudeste	Diagrama de planta baixa da casa padrão mostrando a incidência dos ventos dominantes a sudeste. As setas azuis indicam a direção dos ventos entrando pela varanda e se espalhando para o interior da casa, atingindo o estar/jantar, a cozinha e os quartos. Legenda: — Ventos a Sudeste PLANTA BAIXA - CASA PADRÃO ESCALA NÃO INDICADA



Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Observando-se a correspondência entre as incidências de vento e a localização dos ambientes (Tabela 19), verifica-se que o Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 19: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 05.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	Quarto 02
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.11 Implantação 06

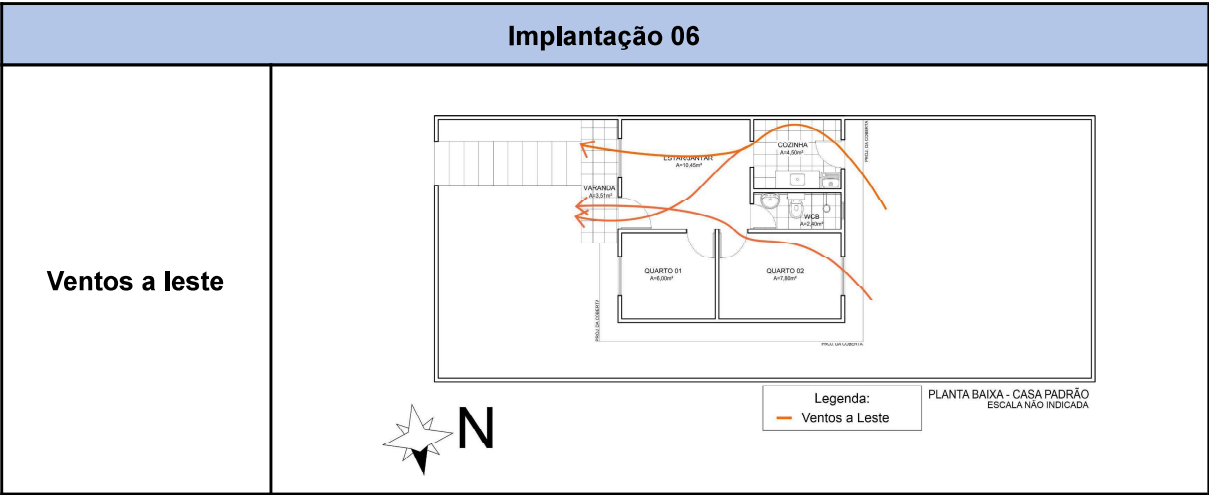
Os 95 lotes representativos da implantação 6 possuem a fachada principal voltada para norte, correspondendo a 4,8% do total de lotes existentes (Figura 23). Estas unidades estão sujeitas aos ventos de leste, sudeste e nordeste (Quadro 13).

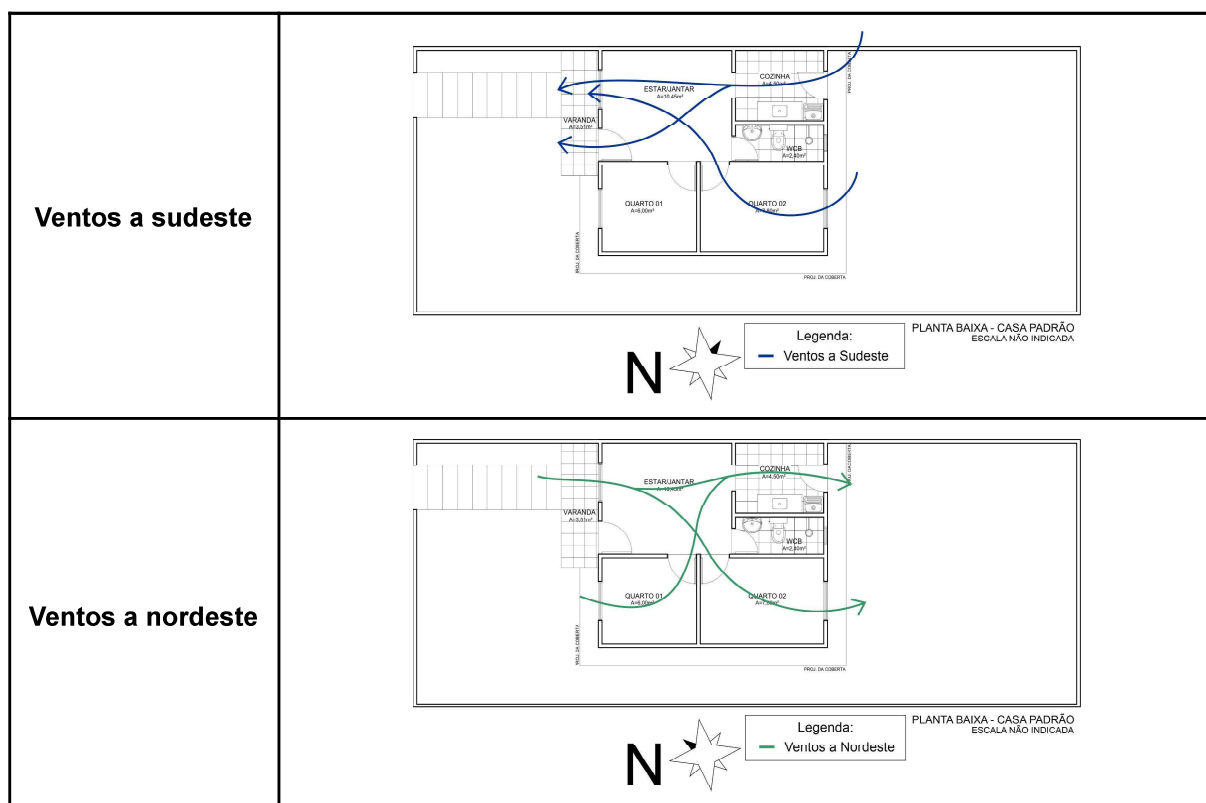
Figura 23: Localização dos lotes da Implantação 06 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 13: Planta baixa da implantação 6 com a incidência dos ventos dominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

A Tabela 20 apresenta a correspondência entre as incidências de vento e a localização dos ambientes. A Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação apenas no mês de novembro no período da tarde e o Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação no mês de dezembro no período da tarde e no período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01 nos meses de novembro e dezembro.

Tabela 20: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 06

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Nov.	Sala de estar/jantar Quarto 01
Leste	13:00-18:00	19:00	Nov.	Quarto 01

Nordeste e Sudeste	01:00-06:00 13:00-18:00	01:00-06:00 13:00-18:00	Dez. Dez.	Quarto 02 Cozinha
-----------------------	----------------------------	----------------------------	--------------	----------------------

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.12 Implantação 06.2

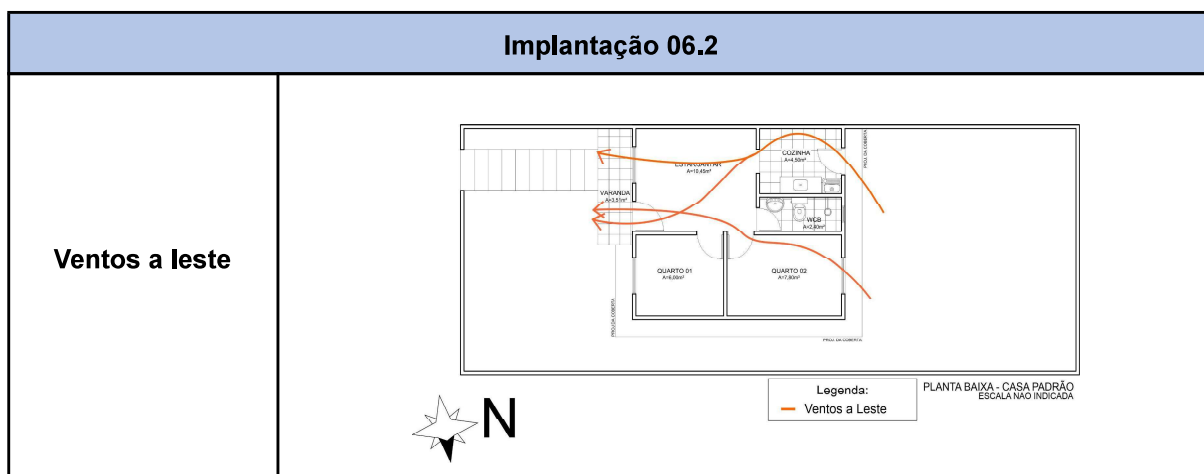
Os 105 lotes representativos da implantação 6.2 possuem a fachada principal voltada para sul, correspondendo a 5,3% do total de lotes existentes no conjunto (Figura 24). Estas unidades estão sujeitas aos ventos de leste, sudeste e nordeste, conforme ilustrado no Quadro 14.

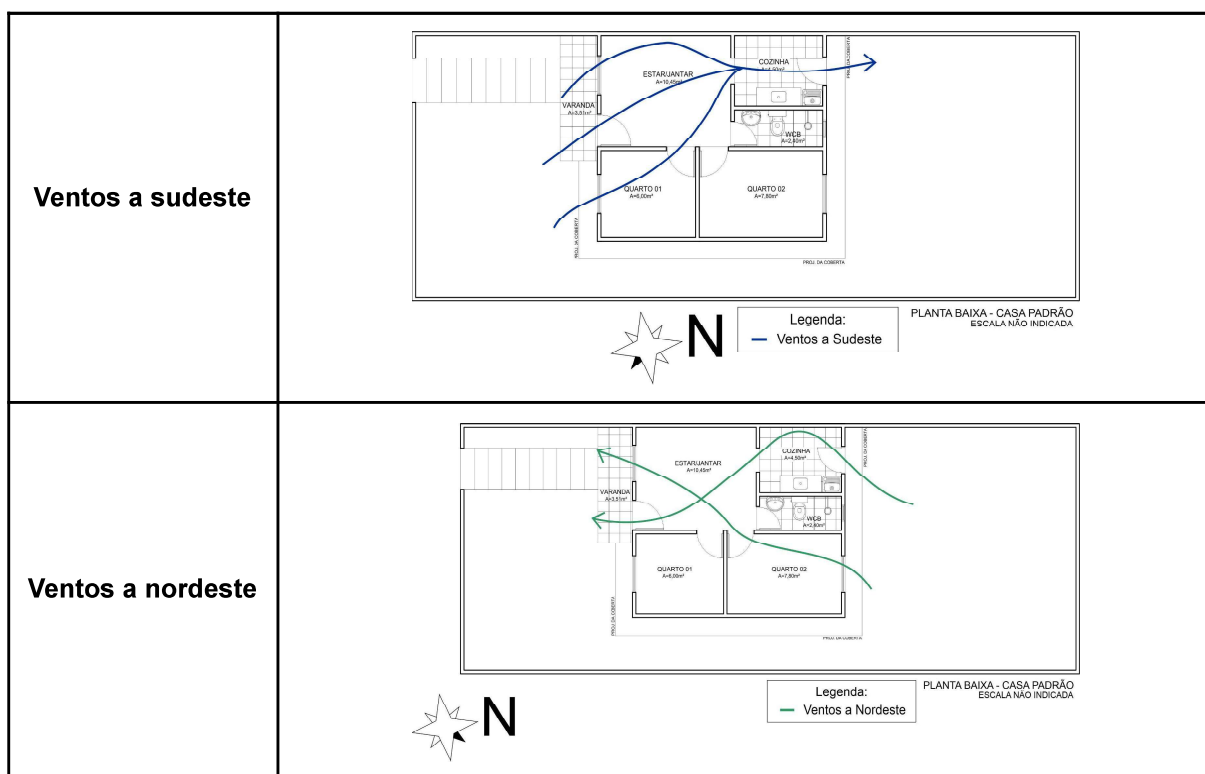
Figura 24: Localização dos lotes da Implantação 06.2 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 14: Planta baixa da implantação 6.2 com a incidência dos ventos dominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Correlacionando-se os prováveis percursos dos ventos no interior das unidades (Quadro 14) com os dados da Tabela 21, observa-se que a Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 21: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 06.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Sudeste	13:00-18:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02

Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	cozinha
----------	-------------	-------------	----------------------------------	---------

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.13 Implantação 07

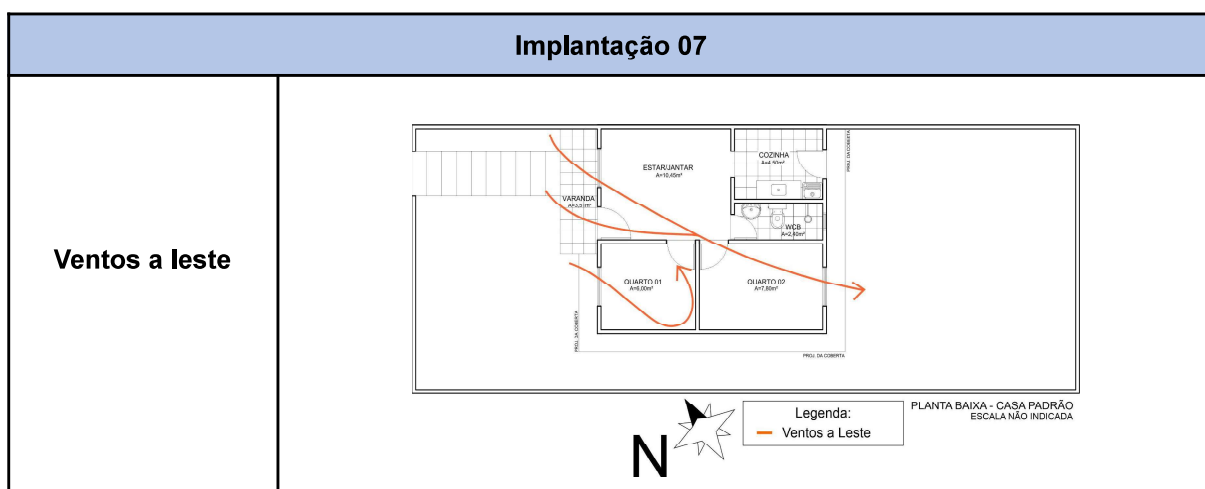
Os lotes representativos da implantação 7 possuem a fachada principal voltada para nordeste, totalizando apenas 19 lotes (0,96% do total) (Figura 25). Estas unidades estão sujeitas à incidência dos ventos de leste, nordeste e sudeste (Quadro 15).

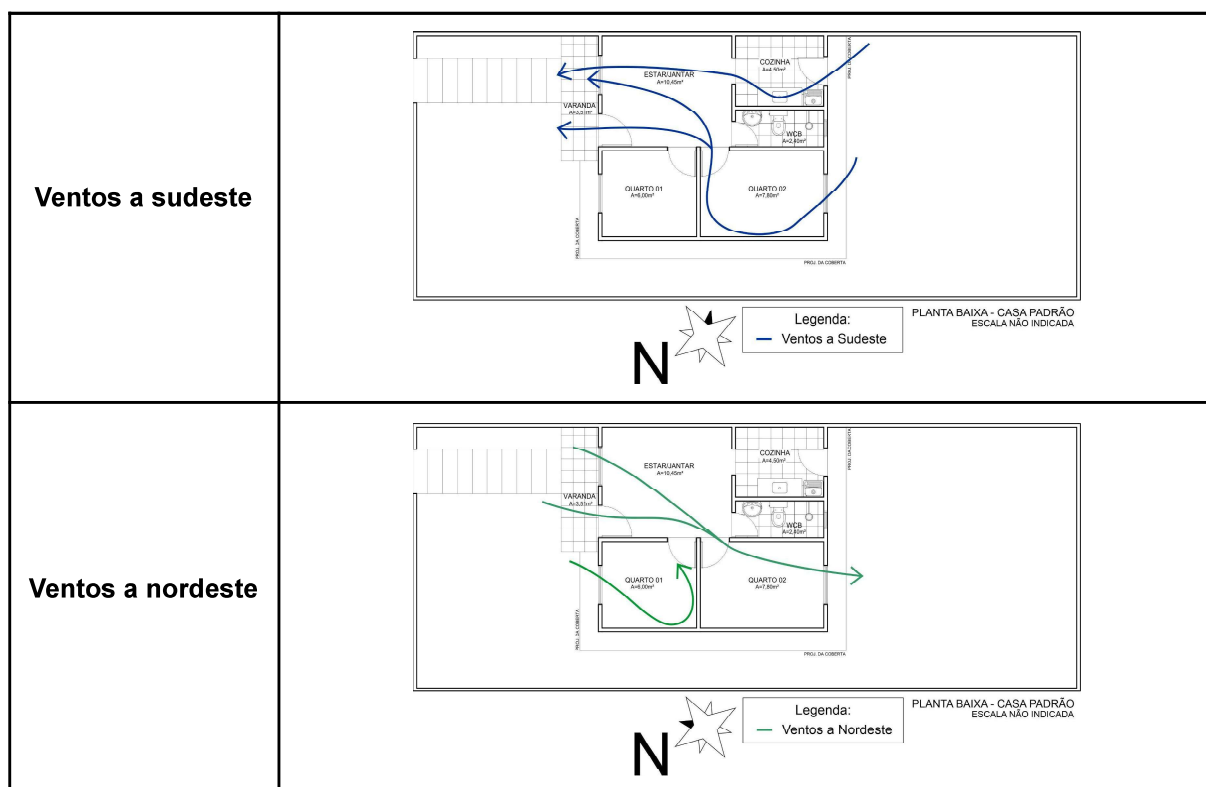
Figura 25: Localização dos lotes da Implantação 07 no Conjunto José Aprígio Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 15: Planta baixa da implantação 7 com a incidência dos ventos dominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Considerando-se os dados relativos às frequências de cada incidência de vento e a posição de cada ambiente nas unidades pertencentes à implantação 07, verifica-se na Tabela 22 que a Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada e Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 22: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 07

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	

Sudeste	01:00-06:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	Quarto 02
---------	-------------	-------------	-----------------------	-----------

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.14 Implantação 07.2

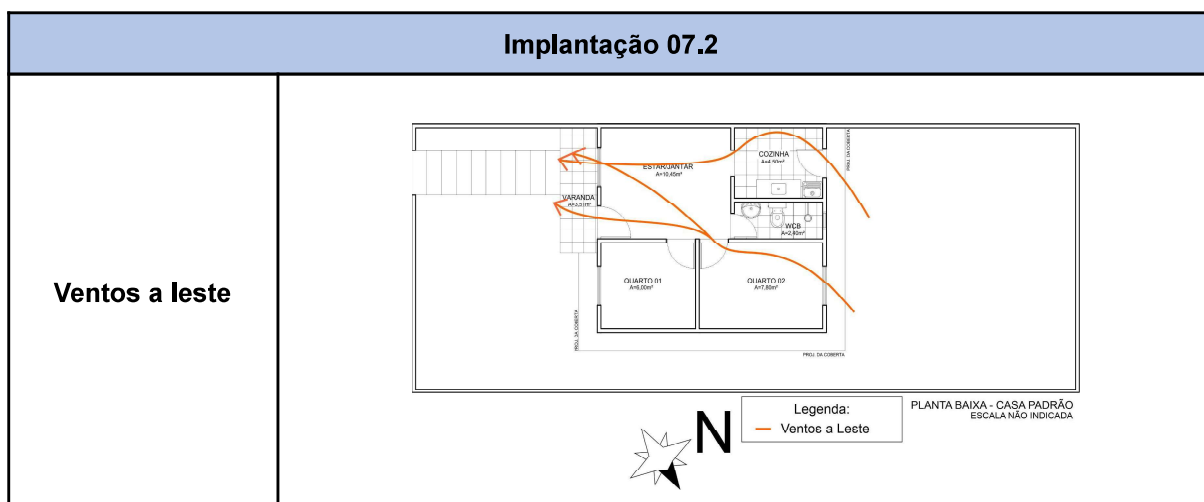
Os 40 lotes representativos da implantação 7.2 possuem a fachada principal voltada para sudoeste, representando 2,02% do total de lotes existentes (Figura 26). O Quadro 16 ilustra as incidências dos ventos leste, nordeste e sudeste nessas unidades.

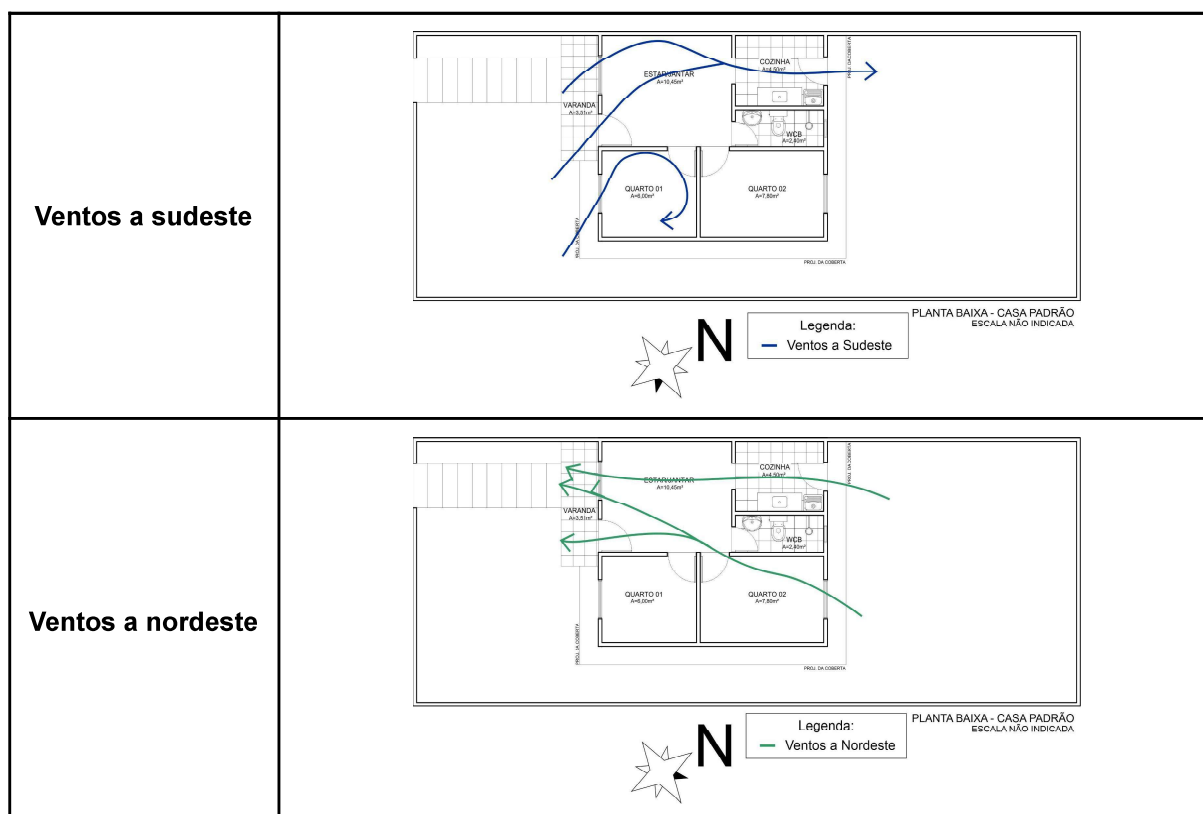
Figura 26: Localização dos lotes da Implantação 07.2 no Conjunto José Aprício Vilela.



Fonte: Google Earth. Adaptada pela autora. Acesso em: 10 de mar. 2024.

Quadro 16: Planta baixa da implantação 7.2 com a incidência dos ventos dominantes.





Fonte: SEINFRA, adaptada pela autora (2021).

Os dados da Tabela 23 demonstram que a Sala de estar/jantar e o Quarto 01 estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e no período da madrugada e Quarto 02 e a cozinha estão posicionados de modo favorável para receber ventilação ao longo de todo o ano no período da tarde e em metade do ano o período da madrugada. Para favorecer a ventilação cruzada, será necessário manter a janela do Quarto 2 e a porta da cozinha aberta juntamente com as janelas da sala e do quarto 01.

Tabela 23: Exposição dos ambientes aos ventos predominantes - Implantação 07.2

Vento predominante	Horário de maior ventilação - período seco	Horário de maior ventilação - período chuvoso	Meses com velocidade dos ventos superior a 2 m/s	Cômodo(s) à barlavento
Sudeste	01:00-06:00	13:00-18:00	Todos os meses do ano	Sala de estar/jantar Quarto 01
Leste	13:00-18:00	19:00	Todos os meses do ano	Quarto 02

Nordeste	01:00-06:00	01:00-06:00	Jan, Fev, Mar, Out, Nov e Dez	
----------	-------------	-------------	----------------------------------	--

Fonte: adaptado de Maia (2021)

7.2.15 Síntese dos resultados obtidos

O quadro 17 apresenta a síntese dos resultados referentes à análise da incidência dos ventos sobre as quatorze implantações identificadas no conjunto habitacional, considerando-se somente as frequências de ocorrência dos ventos com velocidade superior a 2 m/s, de acordo com Maia (2016).

Quadro 17: Síntese dos resultados obtidos: incidências dos ventos sobre as quatorze implantações das unidades habitacionais.

Implan- tação	Condição analisada: Incidências com velocidades > 2m/s e periodos correspondentes			Percentual de horas anuais com incidência de vento sob a condição analisada	Número de habitações		
	Leste (todo o ano)	Sudeste (todo o ano)	Nordeste (Outubro a março)		Número de habita- ções implan- tadas	Número de habita- ções inseridas às implanta- ções	Total de habita- ções
	APP favorecido pelos ventos						
01	-	Quarto 02	Sala de estar/jantar Quarto 01	36,4%	173	4	177
01.2	-	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	36,4%	121	7	128
02	Quarto 02	Quarto 02	Quarto 02	66,1%	77	3	80
02.2	Sala de estar/jantar Quarto 01	Sala de estar/jantar Quarto 01	Sala de estar/jantar Quarto 01	66,1%	57	44	101
03	Quarto 02	-	Quarto 02	42,9%	114	47	161
03.2	Sala de estar/jantar Quarto 01	-	Sala de estar/jantar Quarto 01	42,9%	104	42	146
04	Quarto 02	Quarto 02	-	52,9%	129	29	158
04.2	Sala de estar/jantar Quarto 01	Sala de estar/jantar Quarto 01	-	52,9%	96	21	117

05	Quarto 02	Quarto 02	Sala de estar/jantar Quarto 01	66,1%	219	59	278
05.2	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	Quarto 02	66,1%	234	40	274
06	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	Quarto 02	66,1%	95	27	122
06.2	Quarto 02	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	66,1%	105	8	113
07	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	Sala de estar/jantar Quarto 01	66,1%	19	9	28
07.2	Quarto 02	Sala de estar/jantar Quarto 01	Quarto 02	66,1%	40	0	40

Fonte: Elaboração autoral, 2021.

Com o Quadro 17 é possível observar que as unidades das implantações 1, 1.2, 3 e 3.2 possuem percentual de horas anuais com incidência de vento inferior ao percentual mínimo estabelecido no estudo, totalizando 612 habitações. Quanto às demais implantações estudadas o percentual varia entre 52,9% para as implantações 4 e 4.2, totalizando 275 habitações e 66,1% para as implantações 2, 2.2, 5, 5.2, 6, 6.2, 7, 7.2, totalizando 1.036 habitações. Desse modo, é possível observar que 1.311 habitações estão classificadas como mal ventiladas e 612 habitações não possuem o percentual mínimo para serem classificadas pelo estudo.

Com relação aos obstáculos externos, as habitações localizadas próximo às áreas verdes (lado leste, nordeste e sudeste) receberão quantidades maiores de ventos que as habitações localizadas em ruas centrais do conjunto.

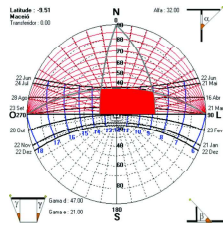
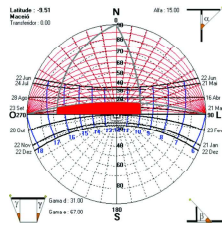
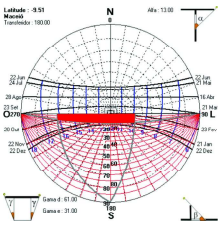
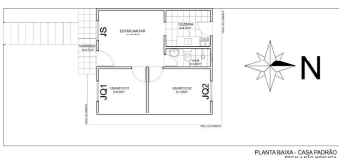
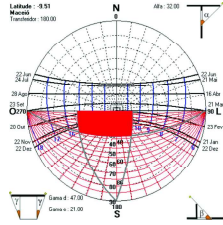
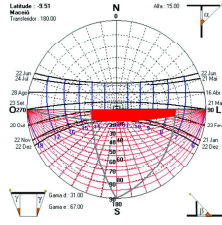
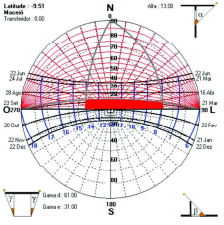
7.3 Estudo de insolação

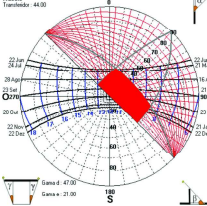
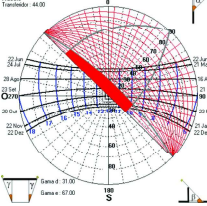
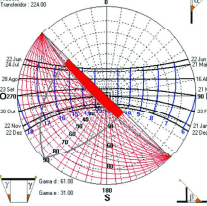
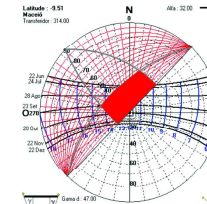
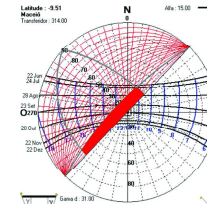
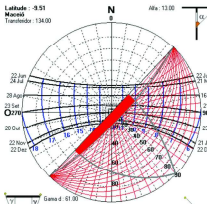
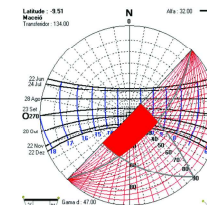
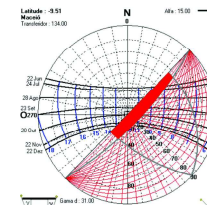
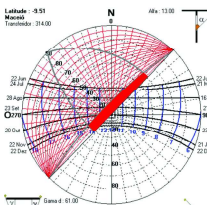
O Quadro 18 ilustra as cartas solares de cada implantação e as máscaras de sombra das janelas de seus respectivos APP. Para a composição da máscara de sombra foram utilizados o ângulo Alfa: 32° e o ângulo Beta: 21° e 47° respectivamente, para a janela da sala. O o ângulo Alfa: 15° e o ângulo Beta: 67° e

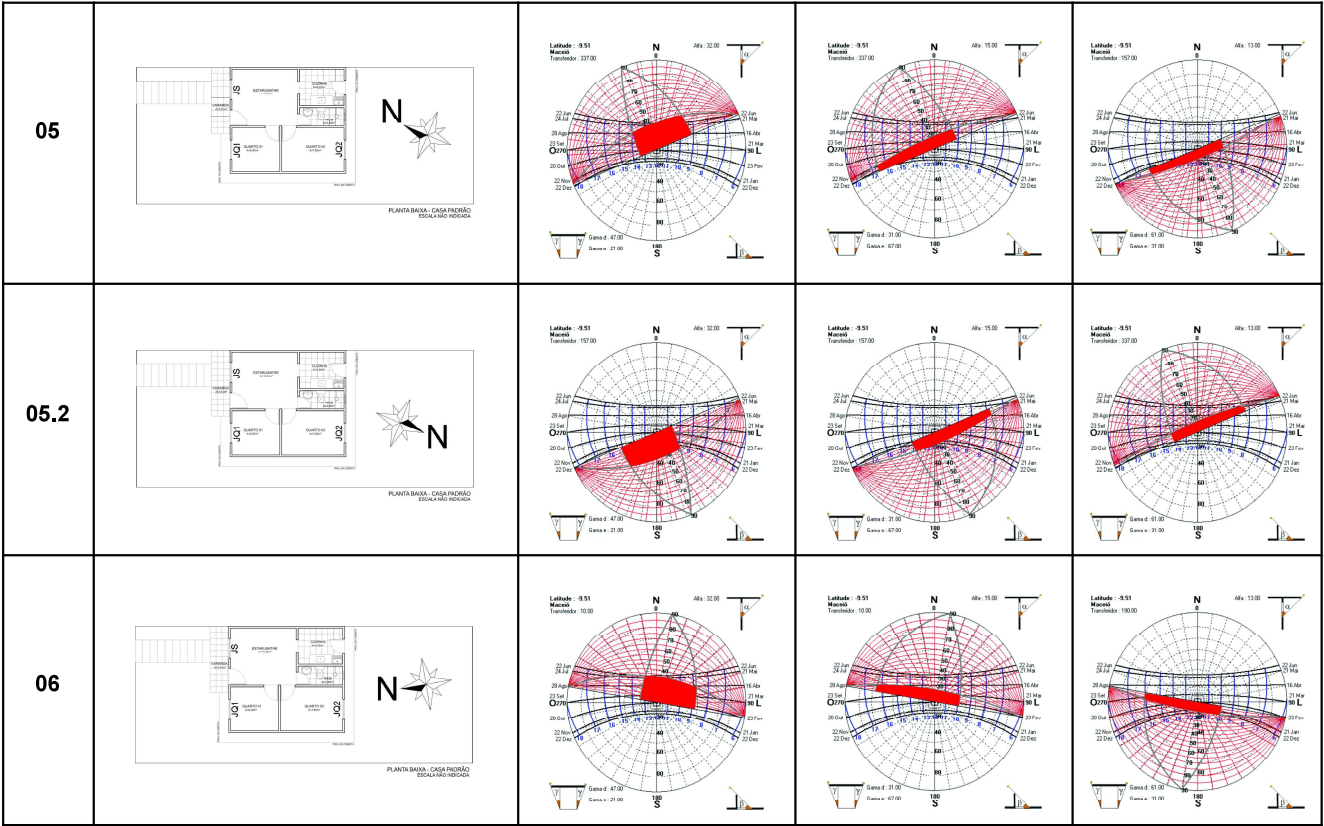
31° respectivamente, para a janela do quarto 1 e o ângulo Alfa: 13° e o ângulo Beta: 31° e 61° respectivamente, para a janela do quarto 2.

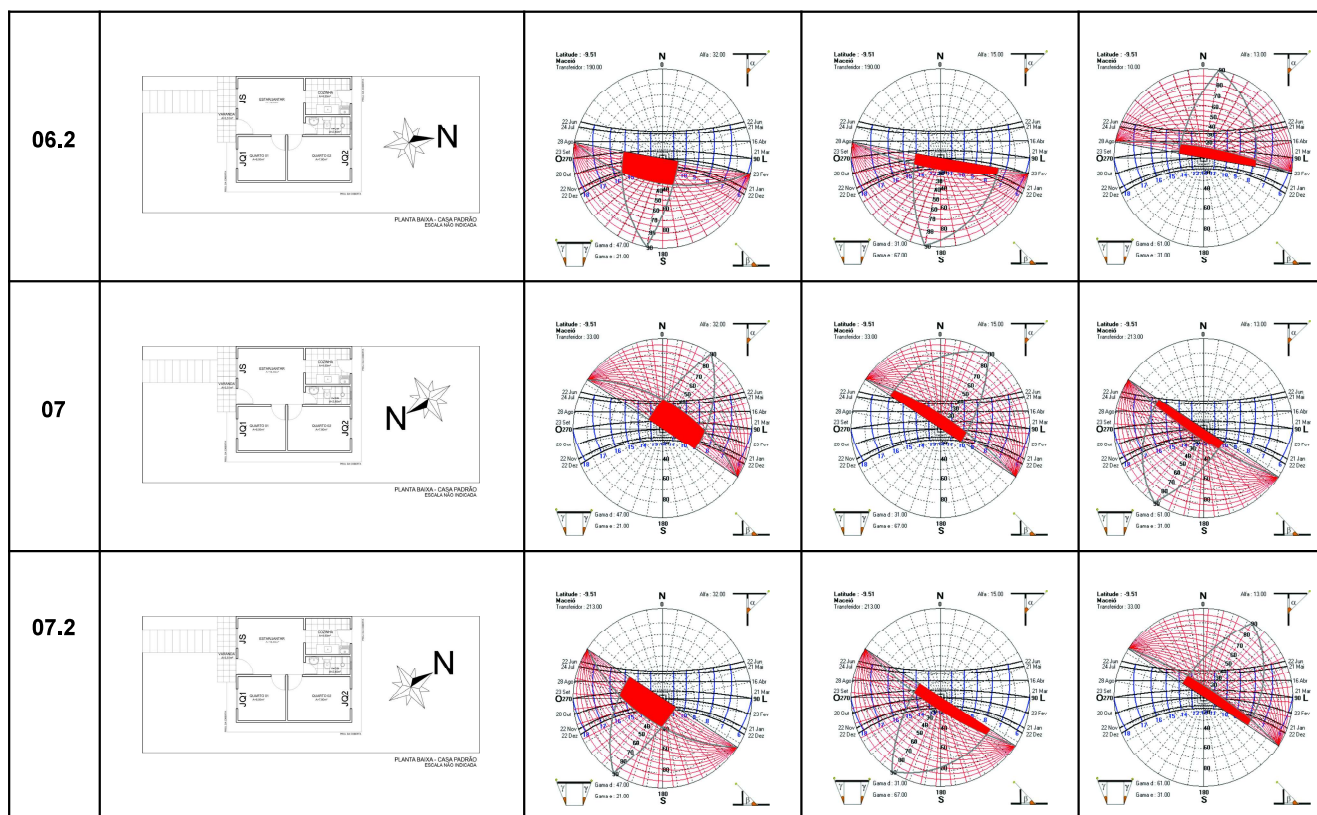
No quadro 18 é possível observar os dias e horas do ano ao qual as esquadrias dos APP estão sombreados e/ou sofrem incidência solar.

Quadro 18: Máscaras de sombra das quatorze implantações existentes e suas respectivas esquadrias.

Implan- tação	Planta Baixa	Cartas solares		
		JS - Sala de estar/jantar	JQ1 - Quarto 01	JQ2 - Quarto 02
01				
01.2				

03.2	 PLANTA-BOSA - CASA PAREDÃO ESCOLA MÃE RODULGA	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 44.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 44.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 44.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 44.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 224.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 224.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00
04	 PLANTA-BOSA - CASA PAREDÃO ESCOLA MÃE RODULGA	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 314.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 314.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 314.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 314.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00
04.2	 PLANTA-BOSA - CASA PAREDÃO ESCOLA MÃE RODULGA	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 134.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00	Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 214.00  Latitude: -5.51 Marela Torrebrisa: 214.00 Genoa d: 47.00 Genoa: 31.00





Fonte: Elaboração autoral, 2021

Com isso, foi elaborado a Tabela 24, que mostra a síntese dos resultados obtidos das máscaras de sombra, com a quantidade de horas em que as janelas são sombreadas nos Solstícios e Equinócios, com o total e a média de horas que as mesmas ficam sombreadas nesses quatro dias. Considerando a descrição da tabela 6 (ver cap. 4.3), as condições de sombreamento foram classificadas entre “bem protegida”, “razoavelmente protegida” e “mal protegida”. A classificação de cada ambiente depende das classificações predominantes nas 4 datas analisadas.

Tabela 24: Síntese de análises da carta solar em horas sombreadas de cada janela em suas devidas implantações.

TEMPO DE SOMBREAMENTO						
IMPLAN- TAÇÃO	JANELA	HORAS (10H-16H)				CLASSIFICAÇÃO
		SOLSTÍCIO DE VERÃO 22/12	EQUINÓCIO DE OUTONO 21/03	SOLSTÍCIO DE INVERNO 22/06	EQUINÓCIO DE PRIMAVERA 23/09	
1	SALA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13:30H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	SEM PROTEÇÃO	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	SEM PROTEÇÃO	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
1.2	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-15H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-13:30H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA
	QUARTO 2	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
2	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA

TEMPO DE SOMBREAMENTO						
IMPLAN- TAÇÃO	JANELA	HORAS (10H-16H)				CLASSIFICAÇÃO
		SOLSTÍCIO DE VERÃO 22/12	EQUINÓCIO DE OUTONO 21/03	SOLSTÍCIO DE INVERNO 22/06	EQUINÓCIO DE PRIMAVERA 23/09	
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	MAL PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	SEM PROTEÇÃO	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
2.2	SALA	BEM PROTEGIDA	BEM PROTEGIDA	SEM PROTEÇÃO	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
3	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14:00H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11:30H-16H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11:30H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
3.2	SALA	BEM PROTEGIDA	BEM PROTEGIDA	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (< 1H)	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (13H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA

TEMPO DE SOMBREAMENTO						
IMPLANTAÇÃO	JANELA	HORAS (10H-16H)				CLASSIFICAÇÃO
		SOLSTÍCIO DE VERÃO 22/12	EQUINÓCIO DE OUTONO 21/03	SOLSTÍCIO DE INVERNO 22/06	EQUINÓCIO DE PRIMAVERA 23/09	
	QUARTO 2	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
4	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (12H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-16H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
4.2	SALA	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-16H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10:30H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (12H-16H)	BEM PROTEGIDA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	BEM PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12:30H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-11H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12:30H)	MAL PROTEGIDA
5	SALA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (12H-16H)	BEM PROTEGIDA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
5.2	SALA	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	BEM PROTEGIDA

TEMPO DE SOMBREAMENTO						
IMPLAN- TAÇÃO	JANELA	HORAS (10H-16H)				CLASSIFICAÇÃO
		SOLSTÍCIO DE VERÃO 22/12	EQUINÓCIO DE OUTONO 21/03	SOLSTÍCIO DE INVERNO 22/06	EQUINÓCIO DE PRIMAVERA 23/09	
	QUARTO 1	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA	BEM PROTEGIDA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	BEM PROTEGIDA
	QUARTO 2	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
6	SALA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (<1H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-13H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	SEM PROTEÇÃO	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12H)	BEM PROTEGIDA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
6.2	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	SEM PROTEÇÃO	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
7	SALA	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	BEM PROTEGIDA	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (<1H)	BEM PROTEGIDA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (14H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA

TEMPO DE SOMBREAMENTO						
IMPLAN- TAÇÃO	JANELA	HORAS (10H-16H)				CLASSIFICAÇÃO
		SOLSTÍCIO DE VERÃO 22/12	EQUINÓCIO DE OUTONO 21/03	SOLSTÍCIO DE INVERNO 22/06	EQUINÓCIO DE PRIMAVERA 23/09	
	QUARTO 2	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
7.2	SALA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 1	PROTEÇÃO INSUFICIENTE (10H-12H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-15:30H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (10H-14H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA
	QUARTO 2	SEM INCIDÊNCIA DIRETA	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11:30H-16H)	SEM PROTEÇÃO	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA (11:30H-16H)	RAZOAVELMENTE PROTEGIDA

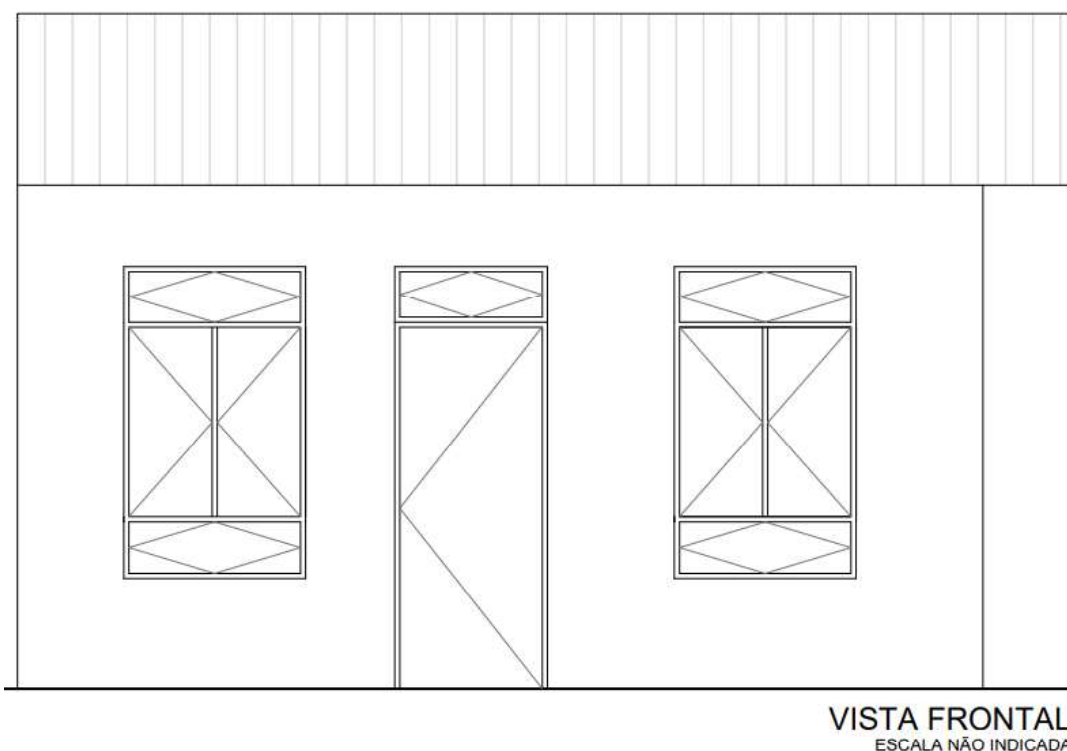
Fonte: Elaboração autoral, 2024

Como visto na Tabela 23, a maioria dos APPs foram classificados como “Razoavelmente protegidos”. Com classificação positiva para a sala e o quarto 1 das Implantações 1.2 e 5.2 e para o quarto 1 da Implantação 4.2. A classificação negativa ficou apenas para o quarto 1 da Implantação 2 e o quarto 2 da implantação 4.2.

8. Propostas para melhoria da qualidade térmica dos APPs

Considerando a importância da ventilação natural para o clima quente e úmido de Maceió e com base nos resultados obtidos no presente trabalho, a proposta para adequação aos parâmetros de desempenho térmico para a NBR 15575-1 (ABNT,2021) visando a melhoria da qualidade térmica dos APPs, seria a troca da tipologia das janelas para uma janela de giro com duas folhas, além de adicionar duas janelas pivotantes (inferior e superior), proporcionando assim, maior área de ventilação, como mostra a figura 27.

Figura 27: Vista frontal da “casa padrão” com esquadrias modificadas.



Fonte: Elaboração autoral, 2024

Cada janela pivotante possuiria dimensões de 1,00x0,30m (largura x altura). Com isso, as janelas ficam com dimensões totais de 1,00x1,70m. De acordo com o RTQ-R (2012), no "Anexo II - Tabela de desconto das esquadrias", as tipologias pivotante e giro possuem 75% de área total correspondente a área útil de ventilação. Dessa forma, cada janela ficaria com 1,27m² de área útil, proporcionando assim adequação à norma e maior ventilação às habitações do conjunto em estudo.

Já com relação à insolação e a partir dos resultados obtidos no presente trabalho foi possível separar as 14 implantações em dois grupos:

- Grupo 1: Habitações das implantações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6.2 e 7.2;
- Grupo 2: Habitações das implantações 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2 e 7.

Uma vez que as edificações do conjunto possuem apenas janelas voltadas para fachada frontal e posterior da casa, uma medida paliativa seria a plantação e cultivo de uma árvore de médio ou grande porte em um ponto estratégico do lote, tendo como objetivo a proteção solar das esquadrias ao qual possui pouca ou nenhuma proteção durante os dias analisados. Dessa forma, além da proteção solar, tal vegetação trará melhoria na qualidade do ar, regulação da temperatura urbana, melhora no bem estar da população e na estética de todo o conjunto habitacional. Além disso, trará também a redução da necessidade de condicionantes artificiais, fazendo com que o gasto energético seja diminuído.

No grupo 1 a árvore deverá ser plantada no recuo frontal das habitações (em frente a edificação), protegendo assim as janelas da sala de estar/jantar e a janela do quarto 1. Já nas habitações do grupo 2, a árvore deverá ser plantada no recuo posterior (atrás da edificação) para proteção da janela do quarto 2.

9. Considerações Finais

É consenso que as habitações devem proporcionar aos seus usuários conforto e segurança durante sua vida útil, sobretudo ao se tratar de habitações de interesse social, onde os habitantes possuem baixo poder aquisitivo e precisam economizar a energia, inviabilizando o uso de condicionadores artificiais. Devido a isso, as referências normativas que estabelecem critérios visando o alcance do conforto térmico nas edificações brasileiras vêm se aperfeiçoando. Para tal, julgou-se importante compreender a forma como a NBR 15.575 (ABNT, 2021) aborda o conceito de desempenho térmico e os requisitos para alcançá-lo.

Esse trabalho teve como objetivo geral avaliar o desempenho térmico de uma tipologia residencial unifamiliar localizada no município de Maceió, estado de Alagoas, através do procedimento simplificado para avaliação de desempenho térmico proposto pela NBR 15.575 (ABNT, 2021). Considerando-se a relevância da ventilação natural para a promoção do conforto térmico nas habitações, como objetivo específico foi realizado também um estudo da exposição dos ambientes de permanência prolongada às incidências de vento predominantes em Maceió, com base nos resultados da dissertação “Padrões de Escoamento do Vento na Região Metropolitana de Maceió”, de autoria de Maia (2016). Por fim, considerando-se também a importância do sombreamento para promover a adequação das edificações ao clima de Maceió, foi realizada também a análise da insolação incidente nas janelas dos ambientes de permanência prolongada, por meio da confecção de máscaras de sombra sobre a carta solar de Maceió-AL.

Após o levantamento das informações acerca do projeto arquitetônico das habitações e do projeto urbanístico do conjunto em estudo foi possível analisá-lo empregando os métodos utilizados no presente trabalho. Com isso, foi constatado, com relação à NBR 15.575 e ao procedimento simplificado, que as habitações atendem à Norma nos quesitos “transmitância térmica de paredes externas”, “capacidade térmica de paredes externas”, “percentual de elementos transparentes ou área de superfície dos elementos transparentes” e não atendem à Norma nos quesitos: “percentual de abertura para ventilação”, pois a sala de estar/jantar e o quarto 02 não possuem aberturas com dimensões suficientes para a ventilação adequada dos cômodos e no quesito “transmitância térmica de coberturas”, pois o valor encontrado está fora do valor de referência proposto pela norma.

Com relação a ventilação foi constatado que 10 das 14 implantações existentes no conjunto possibilitam a captação de incidências de ventos frequentes durante mais da metade das horas do ano (52,9% a 66,1%), correspondendo ao total de 1.311 unidades habitacionais, 68,17% do total de habitações. As outras 4 implantações (1, 1.2, 3 e 3.2) possuem incidência dos ventos em menos da metade das horas anuais (36,4% e 42,9%), tais habitações correspondem a 612 habitações, 31,83% do total de habitações. Porém, a porcentagem ideal para captação dos ventos seria acima de 90%, Não apenas por se tratar de habitações de interesse social, mas para que seja possível estar confortável termicamente em seu lar. Concluindo assim que nenhuma habitação do conjunto possui o aproveitamento ideal dos ventos para ventilação dos ambientes de permanência prolongada.

Quanto à insolação, as implantações que, de modo geral, obtiveram melhores resultados foram as implantações 1.2 e 5.2 com duas janelas classificadas como “bem protegidas”. Foi observado que todos os ambientes de permanência prolongada das habitações estudadas, com exceção da janela do quarto 1 da Implantação 2 e do quarto 2 da implantação 4.2, são sombreadas acima de 3h do intervalo entre 10-16h em pelo menos 3 dos 4 dias estudados (solstícios e equinócios). Para um melhor sombreamento e, com isso, um melhor desempenho térmico nos ambientes de permanência prolongada, as implantações foram separadas em dois grupos e foi proposto a plantação de uma árvore de médio ou grande porte no recuo frontal (grupo 1 das implantações) ou posterior (grupo 2 das implantações). Dessa forma, a árvore trará não apenas sombreamento para as esquadrias com menor proteção solar, mas também melhorias na qualidade do ar, temperatura de todo o conjunto habitacional e no bem estar de toda a população.

O ideal seria, com o conjunto ainda em planejamento, projetar a casa com todos os recuos (frontal, laterais e posterior) para que seja possível dimensionar corretamente e posicionar janelas em todas as fachadas, fazendo com que seja possível uma ventilação cruzada mais eficiente, como também a captação de ventos vindos dos outros setores, mesmo que em velocidade e frequências menores.

Já com o conjunto implantado, a adequação das janelas se faz importante para que os APPs sejam ventilados de forma eficiente, além da plantação e cultivo da árvore para que as janelas também sejam protegidas dos raios solares. Trazendo assim um maior conforto para as habitações.

Este trabalho enfocou unicamente a adequação climática da unidade habitacional padronizada, a partir do aproveitamento (ou não) da ventilação natural e da existência (ou não) de dispositivos de sombreamento. Infelizmente, os resultados também demonstraram problemas na solução arquitetônica da habitação, visto que cerca de 1/3 das unidades não encontra-se implantada de modo favorável à captação dos ventos predominantes em Maceió (Leste e Sudeste), que poderia ocorrer em menos da metade das horas do ano nessas implantações. Quanto à insolação, percebe-se que o sombreamento das aberturas também não foi um requisito de projeto, haja vista que os beirais são pequenos e não há brises ou marquises presentes nas unidades.

Conclui-se que a avaliação do Conjunto Habitacional José Aprígio Vilela demonstra a necessidade de melhoria da qualidade das unidades habitacionais ofertadas para a habitação popular. Convém salientar que, assim como diversos outros conjuntos habitacionais de cidades brasileiras, o caso estudado exemplifica também problemáticas fundamentais, tais como o distanciamento do conjunto do centro urbano, problemas relacionados à mobilidade ineficiente e carência de infraestrutura sob vários aspectos. A publicação da Norma de Desempenho - NBR 15575 (ABNT, 2021) representa um avanço rumo a melhoria dessa qualidade, visto que pela primeira vez no cenário normativo nacional estabelece parâmetros quantitativos e qualitativos para avaliação do desempenho térmico e outros requisitos fundamentais para habitação. No entanto, ainda há muito que se avançar na produção habitacional brasileira, aprimorando tanto o processo projetual usual, a partir da adoção de requisitos de desempenho como parte da concepção arquitetônica, quanto pela mudança da visão ainda dominante de que soluções baratas e padronizadas para a habitação popular são suficientes para satisfazer as necessidades de seus usuários.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades.** Rio de Janeiro, 2005a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005b.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005c.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575-1: edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2021a.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15575-4: Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE.** Rio de Janeiro, 2021b.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15575-5: Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas.** Rio de Janeiro, 2021c.

BARBIRATO, G. M. **Aplicação de Modelo de Balanço de Energia para Análise do Ambiente Térmico Urbano de Maceió – AL.** Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: Estudo em microclimas de Maceió (AL).** Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural.** 2. ed. rev. e ampl. Maceió: EDUFAL, 2006.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. PEIXOTO, Elane Ribeiro. GUINANCIO, Cristiane. **Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanístico e arquitetônico e qualidade construtiva – Brasília : UnB, FAU, 2015.** 214 p. : il. ; 21 x 23 cm

Brasil. **Lei de terras.** Memória Administrativa Pública Brasileira. 2016. Disponível em: <http://mapa.an.gov.br/index.php/menu-de-categorias-2/279-lei-de-terras>. Acesso em: 20 nov. 2020

BRASIL, Governo Federal do. **Programa Minha Casa Minha Vida: Resultados do programa.** 2017. Disponível em: <http://www.minhacasaminhavidagov.br>. Acesso em 19 jun. 2021.

CAIXA. **Minha Casa Minha Vida - Habitação Urbana**. 2020. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 20 nov. 2020.

CAIXA. **Cartilha do PAR (Programa de Arrendamento Residencial)**. 2021. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/programa-de-arrendamento-residencial-par/CARTILHA_PAR.pdf. Acesso em: 21 abril. 2024.

CURCIO, Daniela da Rosa; SILVA, Antônio César Silveira Baptista. **Análise qualitativa do desempenho térmico de empreendimento de habitação de interesse social na cidade de Pelotas – RS**. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – X ENCAC e VI ELACAC. Natal, Rio Grande do Norte, 2009.

CAIXA. **Minha Casa Minha Vida - Habitação Urbana**. 2021. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 07 set. 2023.

CBIC. **Feirão Minha Casa Própria de Maceió terá apenas imóveis do MCMV**. 2019. Disponível em: https://cbic.org.br/es_ES/feira-minha-casa-propria-de-maceio-tera- apenas-imoveis-do-mcmv/. Acesso em: 11 ago. 2021.

FREITAS, C. G. L. (Coord.) **Habitação e meio ambiente** - abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2001.

IPEA. **Estudos revelam impacto da redistribuição de renda no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/13909-estudos-revelam-impacto-da-redistribuicao-de-renda-no-brasil>. Acesso em: 21 abril. 2024.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.; LABAKI, Lucila C. **A arquitetura em uso: proposta para avaliação de desempenho de uma edificação habitacional**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – IX ENCAC e V ELACAC. Ouro Preto, Minas Gerais, 2007.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. [3.ed.] Rio de Janeiro.

MAIA, Ruany Gomes Xavier. **Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Maceió, 2016.

MELO. Tainá Silva. **Por que comprar uma nova casa? Contradições entre as necessidades habitacionais dos mais pobres e a implementação do programa minha casa minha vida na cidade de Maceió, Alagoas**. Maceió, 2017. (Tese de

doutorado]. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2^a ed. New York: Routledge, 1996, 535 p.

SCHMID, Aloísio Leoni. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.

SHISHEGAR, N. Street design and urban microclimate: Analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. **Journal of Clean Energy Technologies**, v.1, n.1, 2013.