

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

NATÁLIA FIALHO DE SOUZA MORINI

**O IMPACTO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, ORIENTAÇÃO SOLAR E LAYOUT INTERNO AO CONFORTO
TÉRMICO DE UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL**

NATÁLIA FIALHO DE SOUZA MORINI

**O IMPACTO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, ORIENTAÇÃO SOLAR E LAYOUT INTERNO AO
CONFORTO TÉRMICO DE UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", câmpus de Bauru, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria

BAURU

2022

Morini, Natália Fialho de Souza.

O impacto de sistemas construtivos: Orientação solar e layout interno ao conforto térmico de unidades habitacionais de interesse social/ Natália Fialho de Souza Morini, 2022

76 f. : il.


Orientador: Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru, 2012

1. Conforto térmico. 2. Habitação verticalizada. 3. Interesse social. 4. Sistema construtivo. 5. Arranjo físico. 6. Propriedades térmicas. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE NATALIA FIALHO DE SOUZA MORINI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 11 dias do mês de março do ano de 2022, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de NATALIA FIALHO DE SOUZA MORINI, intitulada **O impacto de sistemas construtivos, orientação solar e layout interno no conforto térmico de unidades habitacionais de interesse social**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Associado JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Programa de Pos-graduacao em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/Unesp/Bauru, Prof. Associado MAXIMILIANO DOS ANJOS AZAMBUJA (Participação Virtual) do(a) Programa de Pos-graduacao em Arquitetura e Urbanismo / FAAC/Unesp/Bauru, Prof.ª Dr.ª LETICIA DE OLIVEIRA NEVES (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade / FEC/Unicamp. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Associado JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA

RESUMO

As características construtivas de uma edificação podem interferir de maneira significativa no seu desempenho térmico. Esse estudo teve por objetivo avaliar o impacto de materiais de construção, sistemas construtivos, elementos de sombreamento, layout da planta e orientação solar no conforto térmico de apartamentos de prédios de interesse social. Realizou-se um estudo de caso em edificações de interesse social localizadas na cidade de Marília (SP). Três conjuntos habitacionais datados em anos diferentes e que são significativos para a cidade, de 1976 (Cecap Maria Izabel), 1997 (Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira) e 2018 (Residencial Maria Rosa Nunes de Oliveira). As frequências de tempo de ocupação em conforto e em desconforto térmico nos prédios foram calculadas a partir de simulações computacionais com o programa Energyplus, através do qual foram feitas combinações das variáveis estudadas em modelos de apartamentos dos três conjuntos. Foi identificado que os elementos de sombreamento tiveram maior influência no desempenho térmico dos conjuntos, em seguida a orientação, sistema construtivo e por último o arranjo físico.

Palavras-chave: Conforto térmico. Habitação verticalizada. Interesse social. Sistema construtivo. Arranjo físico. Propriedades térmicas.

ABSTRACT

The constructive characteristics of a building can significantly interfere with its thermal performance. This study aimed to evaluate the impact of construction materials, construction systems, shading elements, plant layout and solar orientation on the thermal comfort of apartments in buildings of social interest. A case study is being carried out in buildings of social interest in the city of Marília (SP). Three housing developments built in different years were studied, being 1976 (Cecap Maria Izabel), 1997 (Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira) and 2018 (Residencial Maria Rosa Nunes de Oliveira). The occupancy time frequencies in comfort and in thermal discomfort in the buildings were analysed through computer simulations with the Energyplus program, which it was identified that the shading devices have the greatest influence on thermal performance of sets, then the orientation and finally the construction system.

Keywords: Thermal performance. Vertical housing. Social interest. Constructive system. Layout. Thermal properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fluxograma com a descrição dos capítulos da dissertação	15
Figura 02 - Morfologia dos edifícios produzidos por Vilanova Artigas pela CECAP	20
Figura 03 - Morfologia dos edifícios produzidos pela CDHU em Marília.....	20
Figura 04 – Mapa de Marília com a localização dos conjuntos habitacionais.....	25
Figura 08 - Fachadas da CECAP Maria Izabel durante o intervalo de 45 anos	27
Figura 09 – Localização da CECAP	27
Figura 10- Implantação da CECAP	28
Figura 11 – Planta do pavimento tipo	29
Figura 12 – Pátio central e rampas	30
Figura 13 – Localização do Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira	31
Figura 14- Implantação do Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira	31
Figura 15- Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira	32
Figura 16- Planta do pavimento tipo do Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira	33
Figura 17- Localização do Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira	34
Figura 18- Implantação do Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira	34
Figura 19 –Fachada dos edifícios	35
Figura 20- Tipologia 1 do Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira	35
Figura 21- Tipologia 2 do Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira	36
Figura 22- Limite inferior e superior da temperatura neutra.....	38
Figura 23- Distribuição das temperaturas do arquivo EPW de Ourinhos.....	41
Figura 24- Taxa de ocupação nos ambientes simulados	43
Figura 25- Iluminação	44
Figura 26- Equipamentos.....	44
Figura 27- Descrição dos modelos para estudo de caso	50
Figura 28- Apartamentos com as características originais.....	57
Figura 29- Apartamentos com o sistema de sombreamento e construtivo da CECAP Maria Izabel	57
Figura 30- Apartamentos com brises e sistema construtivo da CDHU	58
Figura 31- Fração de tempo em conforto ou desconforto térmico dos modelos nas configurações originais	60
Figura 32- Variação do desempenho térmico dos modelos em função da orientação da fachada	61
Figura 33- Variação do desempenho térmico da permuta dos sistemas construtivos dos modelos	63
Figura 34- Variação do desempenho térmico em função da permuta de sistemas de sombreamento	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Síntese da habitação social no Brasil	16
Tabela 02 - Taxa de ocupação máxima nos ambientes dos apartamentos	41
Tabela 03 - Carga térmica gerada pelas pessoas e consumo energético de equipamentos	42
Tabela 04 - Sistemas construtivos da CECAP Maria Izabel utilizados na simulação	51
Tabela 05 - Composição das paredes internas da CECAP	51
Tabela 06 - Composição dos armários da CECAP	51
Tabela 07 - Composição do piso e teto da CECAP	52
Tabela 08 - Sistemas construtivos dos conjuntos habitacionais Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes utilizados na simulação	52
Tabela 09 - Composição do piso e teto da CDHU	53
Tabela 10 - Composição das portas	53
Tabela 11 - Composição das esquadrias	54
Tabela 12 - Coeficientes e expoentes de ar das portas e janelas	54
Tabela a9 - Controle de sombreamento das janelas	76
Tabela a10 - Propriedades da entrada de ar entre as janelas e portas da CECAP Maria Izabel	77

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	10
1.1- OBJETIVO	12
1.1.1- OBJETIVO GERAL	12
1.1.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.2- JUSTIFICATIVA	12
1.3- ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	13
1.4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1.4.1- Habitação de Interesse Social no Brasil	15
1.4.2- Conjuntos habitacionais de interesse social verticalizados	17
1.5 - CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO	22
2 - MATERIAIS E MÉTODOS	24
2.1- Caracterização dos casos	25
2.2- CECAP Maria Izabel.....	25
2.3- Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira	29
2.4- Conjunto habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira.....	32
2.5- Modelagem dos apartamentos para simulação computacional	36
2.5.1- Modelo Adaptativo de Conforto térmico da ASHRAE	37
2.5.2- Programa Computacional EnergyPlus.....	38
2.5.3- Localização e clima	40
2.5.4- Cronograma e ganhos térmicos internos.....	41
2.5.5- Layout da planta, materiais e sistemas construtivos.....	43
2.5.6- Infiltrações de ar e ventilação natural	54
2.5.7- Saída de resultados.....	55
3- SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS	56
3.1- Permutação de sistema construtivo, sombreamento e de posição da implantação ...	56
4- RESULTADOS	60
4.1- Comparação em relação à configuração original.....	60
4.2- Comparação em relação à variação de orientação	60
4.3- Comparação da variação em relação ao sistema construtivo	62
4.4- Comparação da variação em relação aos elementos de sombreamento da CECAP Maria Izabel	64
4.5- Síntese geral das análises de desempenho térmico	66
4.6- Considerações finais	67
4.7- Limitações	70
4.7- Sugestões para pesquisas complementares	70
5- REFERÊNCIAS	71
6- APÊNDICES	77

Dedico esse trabalho a memória das minhas avós Maria e Mariana.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação só pode ser escrita com o apoio de pessoas essenciais que me incentivaram desde o início. E, com certeza, sem Deus nada disso seria possível.

Primeiramente agradeço ao meu professor orientador João Roberto que não economizou esforços para me ensinar e auxiliar em todo o processo e esteve sempre presente mesmo que a distância, devido a pandemia de Covid-19. Agradeço também a todos os meus professores que me apoiaram nesse período.

Aos meus pais que desde criança me ensinaram a importância dos estudos e que sempre me motivaram a não desistir, apesar de todas as dificuldades. Ao meu irmão, que está sempre presente e também a toda a minha família e amigos, por cada palavra de incentivo.

Especialmente agradeço ao meu esposo, que apesar de todas as dificuldades, não reteve esforços para me oferecer todo tipo de suporte.

1- INTRODUÇÃO

A habitação de interesse social ainda é, para uma grande parcela de brasileiros, um sonho almejado e alcançado por meio dos programas de financiamento, que facilitam o acesso à casa própria. Esta, por sua vez, deve estar em terra urbanizada, digna e sustentável, de acordo com a Lei nº 11.124.2015, Art. 2º (Brasília, 2005).

No Brasil, como na grande maioria dos países latino-americanos, a questão da moradia social é a questão da moradia, pois se refere à maior parte da população (MARICATO, 2013). Contudo, a construção em massa de projetos padronizados destinados a atender o maior número de pessoas revela a insatisfação dos moradores referente a vários aspectos ocasionados pelos sistemas construtivos, nível do terreno, orientação solar e aberturas, que resultam em um funcionamento inadequado em relação a conforto e satisfação humana (ROSSIGNOLO; SACHT, 2009).

De acordo com a NBR 15575: desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2021), as exigências do usuário relativas à habitabilidade podem ser expressas, dentre outros fatores, pelo conforto térmico, acústico e lumínico. Entre os vários quesitos de desempenho de uma habitação, o térmico é um fator a ser considerado desde a elaboração do projeto até a escolha de detalhes como as cores das paredes e o tamanho das esquadrias (BRAGA, 2013).

Os sistemas construtivos em habitações de interesse social refletem diretamente na qualidade de vida dos moradores. Diversos estudos testaram a eficácia de materiais construtivos e o seu ciclo de vida nessas habitações e em zonas bioclimáticas distintas (AZEVEDO *et al.* 2020; CALDAS *et al.* 2017; BARBOSA *et al.* 2019). Em outras pesquisas, foram propostos novos materiais simulados através de software, avaliando sua qualidade e desempenho térmico (ROCHA *et al.* 2013; SACHT *et al.* 2011).

A envoltória e a orientação de fachada são de extrema importância em uma habitação, conforme aponta Lamberts (2008). Em seu trabalho, o autor ressaltou que a

economia de energia dependerá do clima, do tamanho e da forma da edificação, das áreas envidraçadas, das cargas internas e das propriedades dos materiais utilizados na construção, além do tipo e da eficiência dos sistemas de condicionamento de ar existentes.

As habitações de interesse social, por serem entregues aos moradores sem mecanismos artificiais de ventilação, necessitam que sua ventilação natural seja eficaz e promova qualidade térmica no interior das unidades habitacionais. No Brasil, onde o clima é predominantemente quente e úmido, a ventilação promove resfriamento do edifício, aquecido por ganhos internos de calor e radiação solar, fazendo a temperatura interna se aproximar da externa (NEGREIROS, PEDRINI; 2012). Em relação à morfologia, os estudos de Sorgato (2009) e Berleze *et al.* (2021) analisaram a sua influência no desempenho térmico, onde houve uma melhora após as sugestões de alteração em sua geometria e fachadas, ressaltando a importância da orientação solar do projeto arquitetônico e sua adequação ao clima de cada região.

A partir dessa exposição, é interessante que o projetista conheça o peso que os diversos fatores descritos anteriormente têm no desempenho térmico das habitações. Assim, o presente trabalho apresenta um estudo de caso, via simulação computacional, dos diversos fatores arquitetônico/construtivos intervenientes no desempenho térmico de apartamentos de prédios de interesse social construídos pela CDHU e pela CECAP no interior do estado de São Paulo, na cidade de Marília.

1.1 - OBJETIVO

1.1.1- OBJETIVO GERAL

Esse estudo teve por objetivo avaliar o impacto de materiais de construção, sistemas construtivos, elementos de sombreamento, layout da planta e orientação solar no conforto térmico de apartamentos de prédios de interesse social.

1.1.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os sistemas construtivos e os arranjos físicos de apartamentos de prédios de interesse social construídos pela CECAP e pelo CDHU em Marília.
- Avaliar a frequência de tempo de ocupação em conforto e em desconforto das diversas possibilidades de configuração e construção dos apartamentos estudados.

1.2- JUSTIFICATIVA

A tecnologia dos materiais de cada edifício se diferencia por suas características construtivas assim como os materiais construtivos, a implantação e a morfologia apresentam resultados que serão perceptíveis na simulação computacional.

A avaliação das variáveis como materiais construtivos, elementos de sombreamento e orientação dos três conjuntos habitacionais com edifícios verticalizados auxiliam a compreensão do comportamento desses sistemas, gerando um estudo que sintetiza a importância da composição e planejamento de projetos destinados a habitação social e comprometidos com o desempenho térmico.

1.3- ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

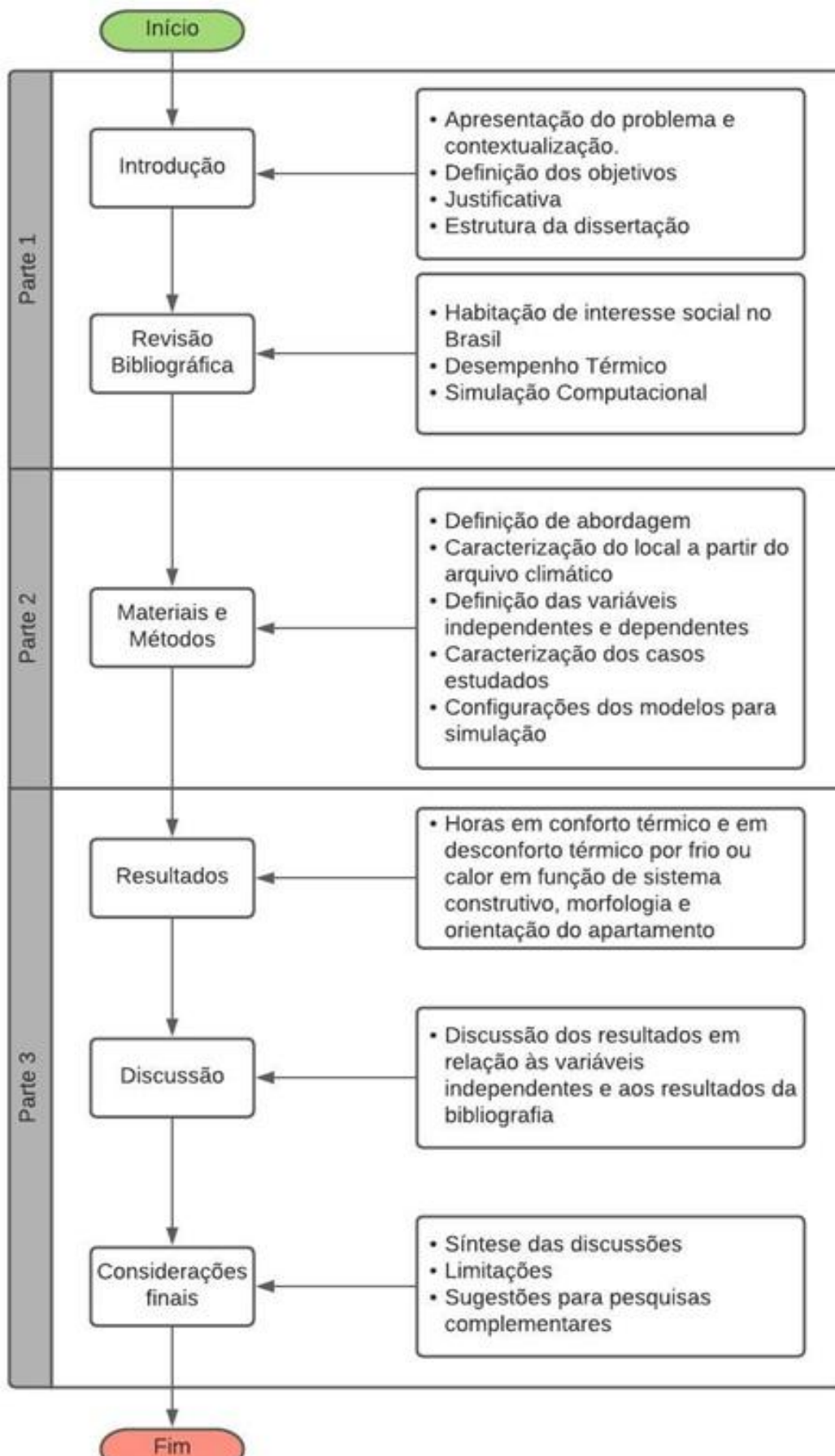
Para a melhor organização da pesquisa, o conteúdo foi dividido em 3 partes.

Na primeira, é exposto o contexto geral do trabalho e o problema que foi abordado, o objetivo, a justificativa, a estrutura da dissertação e a revisão bibliográfica. Nela, foi retratada a história da habitação de interesse social no Brasil e a sua relação com o desempenho térmico em conjuntos habitacionais com edifícios verticalizados, pesquisas anteriores, assim como a cronologia de como ela evoluiu ao longo do tempo. Ainda na primeira parte, o modelo adaptativo de conforto térmico da ASHRAE e a normatização brasileira sobre o desempenho térmico foram apresentados em conjunto com as características dos programas de simulação computacional utilizados para a obtenção dos resultados.

Na segunda parte, os materiais e os métodos foram descritos conforme a caracterização de cada estudo de caso e as particularidades das plantas baixas em conjunto com seu sistema construtivo. Em seguida, o planejamento das agendas de ocupação, ganhos internos de equipamentos e os parâmetros de entrada foram elaborados com base no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R. Na mesma parte, a simulação computacional e a troca de sistema construtivo, sombreamento e de posição da implantação foram detalhados.

Os resultados da pesquisa são apresentados na terceira parte, assim como as discussões, considerações finais, referências e os apêndices. As considerações finais relatam as limitações e sugestões para pesquisas complementares e posteriores.

Figura 1 - Fluxograma com a descrição dos capítulos da dissertação



Fonte: Elaborado pela autora

1.4- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No início da revisão, a síntese da história da habitação de interesse social e de conjuntos habitacionais no Brasil descreve o começo das características tipológicas dessas habitações no país e também no interior do estado de São Paulo, com os conjuntos que foram importantes para o crescimento dessas edificações.

Com foco no desempenho térmico, a pesquisa relatou um embasamento em pesquisas anteriores sobre a qualidade térmica e também no programa computacional utilizado no estudo. A normatização sobre as edificações habitacionais e o desempenho térmico de edificações unifamiliares de interesse social auxiliou o desenvolvimento do estudo, assim como os conceitos sobre o modelo adaptativo de conforto térmico da ASHRAE.

1.4.1- HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

A acelerada urbanização das cidades resultou em uma sobrecarga na sua infraestrutura devido à expansão dos grandes conjuntos habitacionais que se consolidaram na malha urbana do país, principalmente nas metrópoles. A evolução da habitação de interesse social no Brasil envolveu as políticas públicas e diversos programas de financiamento que facilitavam o acesso à moradia.

Com ênfase no interior do Estado de São Paulo, o histórico das habitações de interesse social destacou um crescimento significativo com o decorrer do tempo. O Quadro 1 apresenta uma síntese da evolução da habitação de interesse social no Brasil.

Tabela 1 - Síntese da habitação social no Brasil

Ano	Contexto histórico	Ref.
1890	Primeiros problemas habitacionais aconteceram devido ao aumento da população, onde houve o surgimento de cortiços e de produções rentistas.	Bonduki (1998)
1890	Revolução Industrial e o surgimento de Vilas Operárias, com os primeiros empreendimentos habitacionais de grande porte construídos em todo o país. Um exemplo é a Vila Maria Zélia, em São Paulo.	Bonduki (1998)
1920	Congressos Internacionais da Arquitetura Moderna - CIAMs, onde surgiram as primeiras discussões sobre esse tipo de edificação.	Folz (2005)
1930	O poder público passa a pressionar o poder privado para tentar suprir o déficit habitacional que aumentava.	Cerávolo (2007)
1930	Criação do Instituto de Aposentadoria e Pensões dos Industriários (IAPI). A obra de referência da época foi o Conjunto Residencial Operário em Realengo (1938-1943).	Folz (2002)
1942	Lei do Inquilinato que congelou os aluguéis como uma resposta à crise de moradia e elevação exagerada dos valores locativos gerada pela conjuntura da guerra, quando o nível de construção caiu a quase zero.	Bonduki (1998)
1946	Fundação da Casa Popular, órgão federal nascido único e exclusivamente para a habitação social, onde esta foi irrisória.	Moreira; Pina (2012)
1949	Criação da Companhia Estadual de Casas para o Povo (CECAP), programa de financiamento de habitações. Desenvolveu conjuntos habitacionais importantes no interior do estado de São Paulo, como o Conjunto Habitacional Zezinho Guimarães Prado.	Medeiros (2014)
1949	Criação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), onde esta realiza um grande esforço de superação do déficit de novas unidades habitacionais no Estado de São Paulo.	Namur (2004)
1964	O governo resolve criar um único órgão centralizado, com viés de oferta de habitação para a camada pobre da população, inaugurando o que pode ser traduzido como a primeira política habitacional do país, o Banco Nacional da Habitação (BNH).	Moreira; Pina (2012)
2001	Criação do Estatuto da Cidade, onde estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.	Brasil (2001)
2003	Com a criação do Ministério das Cidades houve significativo ganho Para todos os segmentos envolvidos com as lutas urbanas, pois, pela primeira vez, tem-se um tratamento integrado das políticas urbanas, na medida e que foi superado o recorte setorial da habitação, do saneamento e dos transportes para integrá-los, levando em consideração o uso e a ocupação do solo.	Cardoso (2013)
2009	Em março de 2009, com o objetivo de criar condições de ampliação do mercado habitacional para atendimento das famílias com renda de até 10 salários mínimos (SM), o governo anuncia o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).	Cardoso (2013)
2020	Criação do Programa Casa Verde e Amarela que reúne iniciativas habitacionais do governo federal para ampliar o estoque de moradias e atender as necessidades habitacionais da população.	Brasil (2020)

Fonte: Elaborado pela autora

1.4.2- CONJUNTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL VERTICALIZADOS

A cidade constantemente está em evolução e a verticalização dos edifícios se tornou uma alternativa para o melhor aproveitamento de terrenos. As altas taxas de urbanização e de adensamento populacional, concentradas nas grandes cidades, assim como a concentração da população mais pobre nas regiões metropolitanas, tem interferência direta na configuração espacial e morfológica dos aglomerados urbanos. Além das ocupações irregulares, os processos de verticalização são um dos grandes responsáveis pelas alterações morfológicas dos centros urbanos, bem como da paisagem urbana (ARAUJO, 2016).

No interior do estado de São Paulo, a habitação de interesse social cresceu de maneira significativa. Com isso, no ano de 1946 começaram as construções de diferentes tipologias baseadas em casas unifamiliares. O Instituto de Aposentadoria e Pensões dos Bancários (IAPB) optou por blocos verticais com elevador, buscando dar melhor rendimento a terrenos menores e mais valorizados. Esta solução foi adotada tanto nas grandes metrópoles, Rio e São Paulo, como em cidades pequenas ou médias como Araçatuba, Marília, Ribeirão Preto, Araguari, Uberaba, Ponte Nova, Campinas entre outras, onde às vezes, estes empreendimentos foram os pioneiros na cidade como solução vertical e geraram os imponentes "Edifícios dos Bancários" (BONDUKI *et al.* 2014). Os prédios não passavam de quatro pavimentos, não possuíam elevadores e eram pequenos, com a área em torno de 50m². Os conjuntos de casas unifamiliares possuíam lotes de 160 a 240 m² (FOLZ, 2002). Muitos dos conjuntos habitacionais implantados pelos IAPs e BNH tiveram a influência direta do Movimento Moderno, tanto em suas construções como em suas soluções de implantação e acesso aos serviços públicos (RUBIN, 2013).

A Companhia Estadual de Casas para o Povo (CECAP) começa a atuar em

1967, como agente promotor na produção e comercialização de habitação, lotes urbanizados, entre outras respostas as demandas habitacionais, conforme regras estabelecidas pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), criado em 21 de agosto de 1964 e pelo Sistema Federal de Habitação em 13 de setembro de 1966 (APARIZIO, 2007).

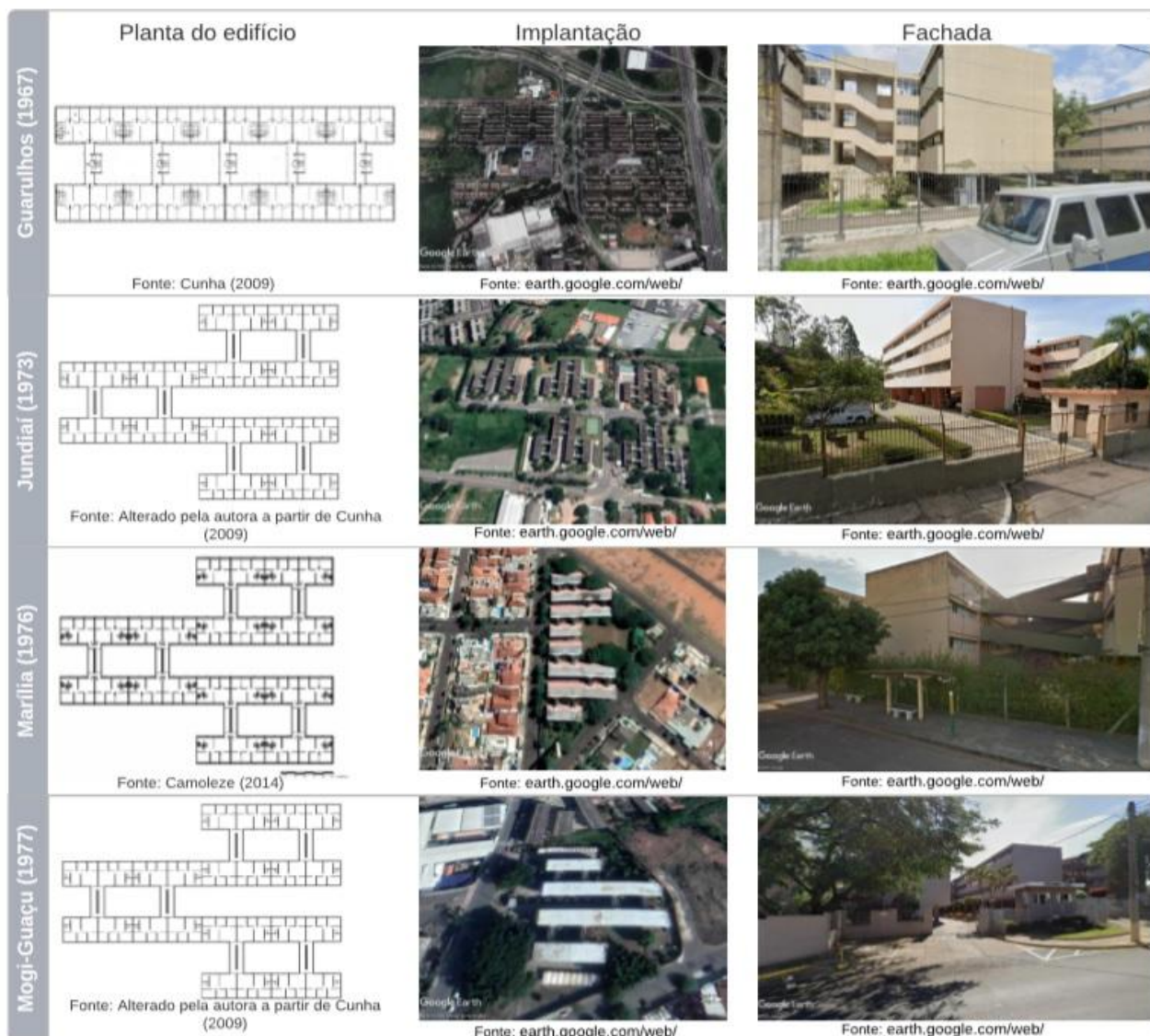
Um dos exemplos de conjuntos habitacionais verticalizados produzidos pelo BNH é o conjunto habitacional Zezinho Magalhães do Prado localizado em Guarulhos-SP, foi projetado em 1967 pelo arquiteto João Batista Villanova Artigas Fábio Penteado e Paulo Mendes da Rocha e colaboradores, construído com princípios corbusianos como um plano de expansão habitacional no interior de São Paulo, aderindo o conceito de "escola paulista". A obra foi planejada para uma população de 55 mil habitantes, utilizando princípios da arquitetura moderna, já praticados nos projetos dos IAPs, entretanto, o projeto aprovado contemplou apenas 400 habitações (ARAUJO, 2016). Suas soluções projetuais foram replicadas por Artigas nos conjuntos da CECAP em Jundiaí (1973), com 432 unidades habitacionais, das mais de 2000 previstas, na CECAP Maria Izabel (1976), em Marília, com 144 unidades e na CECAP de Mogi-Guaçu (1977), com 72 unidades (AUGUSTO, 2014).

A implantação dos conjuntos habitacionais que foram desenvolvidos posteriormente a de Jundiaí segue as mesmas características, assim como a solução com rampas para acesso dos moradores. Na implantação, os edifícios são separados por diferentes portarias e possuem áreas de lazer individuais. Em Mogi-Guaçu, o conjunto habitacional também foi totalmente fechado, diferente da CECAP de Marília que ainda mantém as características originais e manteve as cercas vivas, sem portaria. O arquiteto resolveu o acesso às áreas de estacionamento com uma única entrada distribuidora para os bolsões, respeitando a segurança da circulação de pedestre (CDHU, 2016). Todos os conjuntos são bem arborizados e possuem fachadas semelhantes.

Segundo a CDHU (2016) essas tipologias demonstravam a flexibilidade do

sistema proposto quando aplicado a terrenos com declividade ou contornos complexos, como demonstra a Figura 2 com a morfologia dos edifícios.

Figura 2 - Morfologia dos edifícios produzidos por Vilanova Artigas pela CECAP



Fonte: Elaborado pela autora

Os anos 1980 e os três primeiros anos da década de 1990, foram marcados por uma estagnação do consumo popular, do setor agrícola e da produção de habitações (MOURÃO, 2005). Conseqüentemente, vários problemas ocorrem principalmente em relação à infraestrutura básica. Por falta de regulamento sobrecarrega-se a administração pública que não tem condições para implantar e manter benfeitorias como água, esgoto, iluminação, pavimentação e limpeza em toda a malha urbana formada. A acessibilidade dessas habitações a lugares essenciais da cidade também se torna motivo de discussão,

visto que ela não está relacionada apenas com as distâncias das moradias em relação ao centro da cidade ou a região central, mas com as distâncias e os custos com transportes para os demais serviços prestados no interior das cidades (trabalho, saúde, educação, lazer, segurança) sejam eles públicos ou privados (LEME, 1999).

Esses locais afastados e precários refletem nas condições de vida desses moradores. Nunes (2007) relata sobre bairros da cidade que possuem o maior índice de exclusão social, localizados em áreas de domínio público e de interesse institucional, impróprias para construção de moradias por estarem delimitadas por “itambés” e fundos de vale. Assim, nesses lugares que predominam diferentes carências materiais, o processo de ocupação ocorreu de forma gradativa, com uma classe trabalhadora que vive de serviços esporádicos e, por conta da falta de recursos, encontram no bairro a sua última opção de moradia.

As principais empresas de habitação de interesse social obtiveram grande força no interior do Estado de São Paulo. Com o final do BNH, os recursos orçamentários do estado foram destinados a experiências pioneiras, especialmente na gestão compartilhada com pequenos municípios do interior na construção em regime de mutirão ou autoconstrução (CDHU, 2016).

Em 1988, com o objetivo de estender o modelo desenvolvido na Região Metropolitana de São Paulo ao interior do estado, a Secretaria de Habitação 2 (SH2) iniciou a produção em massa de unidades habitacionais estruturado na ‘cooperação’ das administrações municipais para a execução do programa. Os terrenos eram áreas do patrimônio da CDHU, ou a ela doados pelas prefeituras e pelas empresas municipais, ou desapropriados pelas prefeituras, com posterior doação à CDHU (ROYER, 2012).

A CECAP passou a ser a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) em 1989, e hoje ainda é a instituição que mais oferece financiamento para as habitações de interesse social na cidade para a população

mais carente (CDHU, 2021). Visando facilitar as contratações, a fiscalização das obras e o controle de desempenho das edificações, a CDHU trabalha com projetos padrão de unidades habitacionais, as chamadas tipologias habitacionais, que procuram atender às necessidades básicas das famílias e hoje já são concebidas considerando a possibilidade de ampliações e melhorias realizadas pelos usuários (CARDOSO, *et al.* 2013).

No Manual Técnico disponibilizado pela CDHU (2008), existem tipologias com projetos prontos para serem implantados independentemente de sua localização no estado de São Paulo, não importando se serão construídas por empreitada ou por mutirão (SACHT, 2008). Ele ainda indica que para a adequada insolação e ventilação do edifício, deve-se procurar racionalizar o posicionamento das aberturas dos ambientes de longa permanência, a fim de proporcionar a melhor versatilidade de possibilidades de orientação na implantação do edifício.

Figura 3 - Morfologia dos edifícios produzidos pela CDHU em Marília



Fonte: Elaborado pela autora

A implantação dos edifícios desenvolvidos pelas empresas em diferentes épocas mostra a importância que os edifícios implantados a partir de 1967 deram à arborização e a soluções para o desnível do terreno, de maneira que fossem acessíveis e funcionais, como as rampas utilizadas pelas CECAP, diferentemente das escadarias dos

projetos desenvolvidos pela CDHU que optam por deixar o apartamento adaptado para o térreo de cada edifício.

A morfologia das plantas desenvolvidas pela empresa (Figura 3), se resume a sala, cozinha, banho, área de serviço, dormitório de casal e de solteiro, como mostra a Figura 4. Essas áreas poderiam ter variação de 5%, e levam em consideração uma família de 4 pessoas (CDHU, 2008). As plantas dos conjuntos habitacionais possuem os mesmos ambientes, e a principal diferença em relação a CECAP Maria Izabel é a setorização de cada cômodo, como o banheiro com a porta direcionada para a circulação.

1.5 - CONFORTO E DESEMPENHO TÉRMICO

A adaptação do corpo ao clima traz a satisfação térmica, a qual depende de vários fatores, como a ventilação no ambiente a incidência solar, o metabolismo dos ocupantes e, conseqüentemente a tipologia do projeto. Contudo que o diferencial de temperatura não seja muito grande, o corpo humano pode usar uma de suas estratégias metabólicas para se adaptar às novas condições e aos estímulos térmicos (HESCHONG, 1979). Brager e De Dear (2008) afirmam que alternativamente, as pessoas também podem se adaptar às variáveis do clima interno se os edifícios estiverem bem conectados ao clima externo e à variabilidade sazonal, especialmente se eles possuírem algum grau de controle sobre essas condições.

O desempenho térmico, por sua vez, tem a ver com o comportamento térmico da edificação diante das variações climáticas. Ele pode ser expresso por uma pontuação, como na NBR 15575 (ABNT, 2021): mínima, intermediária ou superior, dependendo de critérios relacionados à proporção de tempo em conforto térmico dos usuários. O conforto térmico, por sua vez, está relacionado à temperatura operativa do ambiente dentro de certos limites. A NBR 15575 (ABNT, 2021) estabelece limites fixos associados ao critério de desempenho, enquanto na ASHRAE-55 (ANSI/ASHRAE, 2020) os limites do intervalo

estão associados à temperatura do ar externa de períodos imediatamente anteriores, quando o prédio é naturalmente ventilado. A proporção de tempo de ocupação em conforto térmico pode ser determinada através de simulações computacionais, cujos resultados podem ser expressos na quantidade anual de horas em conforto térmico em relação às horas de ocupação do cômodo no ano. Outra forma de expressar o desempenho térmico é pela quantidade de graus-horas de desconforto térmico gerada pelo frio ou pelo calor num determinado período.

Os graus-horas de desconforto térmico são determinados pela diferença entre a temperatura operativa horária e os limites da faixa de temperatura de conforto térmico estabelecidos para o mês em estudo. Esse indicador auxilia na verificação das estratégias adotadas em relação ao desempenho térmico do ambiente, considerando que sua unidade está relacionada à temperatura e ao tempo (NICO-RODRIGUES *et al.* 2015).

A variação de temperatura do ar interna do ambiente ao longo do dia e a quantidade de graus-hora de desconforto são fatores importantes para medir o desempenho térmico nas habitações. A presença desta variação de temperatura permite a avaliação das zonas térmicas, a identificação dos períodos de maior conforto e a escolha de momentos mais favoráveis para a ocupação (NEGREIROS, PEDRINI, 2011). Ele também auxilia na verificação das estratégias adotadas em relação ao desempenho térmico do ambiente, considerando que sua unidade está relacionada à temperatura e ao tempo (RODRIGUES *et al.* 2015). Alguns trabalhos (NEGREIROS, PEDRINI, 2011; SATTLER *et al.*, 2012; MATOS, 2007) adotaram esse indicador para a realização de medições e simulações térmicas.

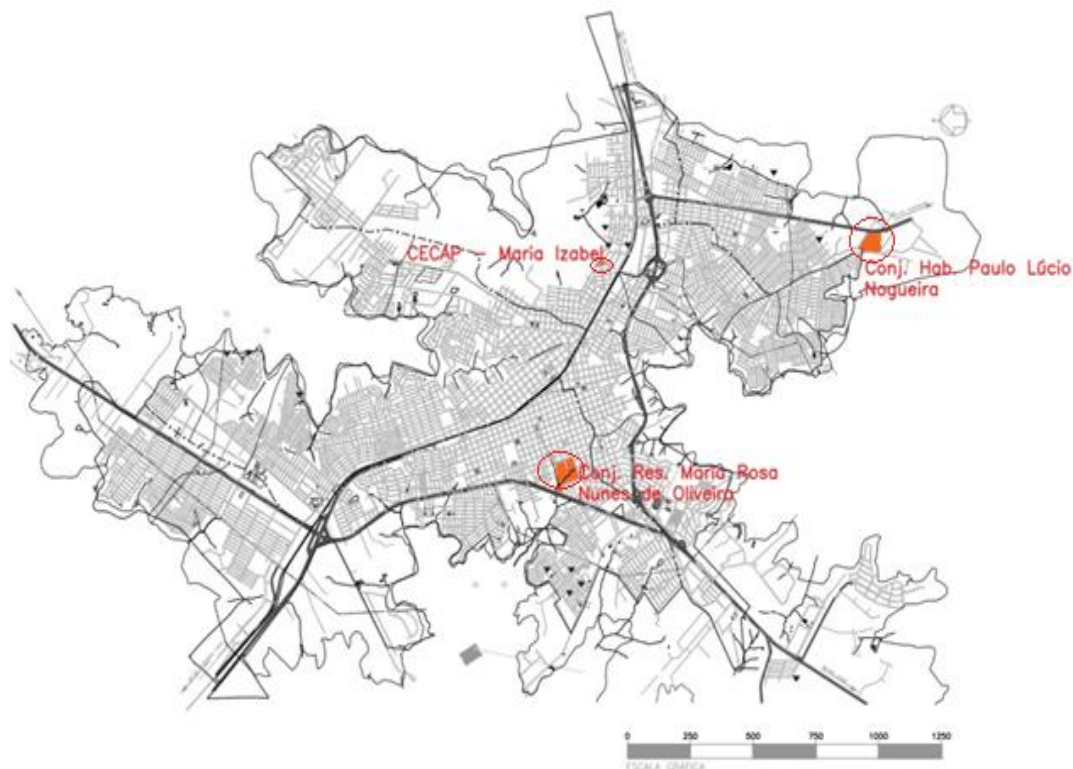
Entretanto, por ser uma grandeza que depende de duas variáveis (diferença de temperatura e tempo), sua análise é bidimensional, dificultando, por vezes, a tomada de decisão sobre o que seria o melhor: mais desconforto por menos tempo ou pouco desconforto por um tempo maior (NICO-RODRIGUES *et al.*, 2015).

Em habitações de interesse social, diferentes pesquisas realizadas foram baseadas no modelo adaptativo. O principal objetivo dessas pesquisas foi a avaliação do desempenho térmico dos ambientes em relação as condições térmicas externas (temperatura e umidade do ar, velocidade do ar e radiação solar e ambiente), simuladas frequentemente no inverno e no verão (FERREIRA, PEREIRA; 2012; CARVALHO, 2012).

2- MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho faz uma abordagem relacional de simulações computacionais realizadas em três conjuntos habitacionais construídos em Marília (SP), a CECAP Maria Izabel (1976) e os Conjuntos Habitacionais Paulo Lúcio Nogueira (1997) e Maria Rosa Nunes de Oliveira (2018), ambos últimos desenvolvidos pela CDHU, nas quais foram permutados materiais e sistemas construtivos, elementos de sombreamento e orientações.

Figura 4 - Mapa de Marília com a localização dos conjuntos habitacionais



Fonte: Adaptado pela autora a partir do arquivo da Prefeitura Municipal de Marília

Os conjuntos habitacionais estão localizados em diferentes pontos da cidade. Com o decorrer do tempo, foram se instalando em terrenos cada vez mais afastados do centro (Figura 4). Por possuírem implantações e sistemas construtivos diferentes, foi realizado um estudo de comparação desses edifícios para analisar seu desempenho térmico.

Os dados de comparação foram gerados por simulação computacional, através do programa EnergyPlus, tomando como parâmetro de referência o conforto adaptativo da norma ANSI/ASHRAE 55 (ANSI/ASHRAE, 2020). Para isso, 4 pessoas foram consideradas como residentes no apartamento, considerando duas delas em atividades de home-office. As simulações foram executadas em ambientes de longa permanência, na sala e nos dormitórios, por recomendação do Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais, RTQ-R (BRASIL, 2012). A simulação das implantações dos conjuntos habitacionais considerou as variações entre os conjuntos Maria Izabel e o Paulo Lúcio Nogueira, com as direções das fachadas simuladas como espelhos em direções opostas. O desempenho térmico foi calculado pelas horas de conforto térmico e de desconforto térmico por frio e por calor.

2.1- CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS

2.2- CECAP Maria Izabel

O conjunto habitacional foi executado pela CECAP entre os anos de 1976 e 1978 e seu terreno possui uma área total de 1.316,00 m². Ele foi escolhido por ser o primeiro conjunto habitacional vertical da cidade e por manter características da época de sua construção.

Na época de sua construção, o terreno se encontrava afastado do centro da cidade e atualmente fica próximo da avenida mais valorizada de Marília, a Esmeraldas. O conjunto habitacional se encontra vizinho de residências de médio e alto padrão,

shopping, comércio e próximo também do novo terminal rodoviário da cidade. As diferenças encontradas na Figura 5, entre a (a) e a (b) são notáveis tanto por suas características que mudaram com o decorrer do tempo, como pelo seu entorno que envolve o aumento das residências vizinhas e a vasta vegetação do conjunto habitacional.

Figura 5 - Fachadas da CECAP Maria Izabel durante o intervalo de 45 anos

(a) Fachada antiga da Cecip Maria Izabel (1978)



Fonte: Arquivo FAU-USP

(b) Fachada atual da Cecip Maria Izabel



Fonte: Google Earth, 2021

Na Figura 6 é possível notar a proximidade de locais essenciais, como o supermercado e também de lazer, como o shopping. A avenida em sua extensão é constituída por lojas, academia, e também pista de caminhada do lado oposto.

Figura 6 – Localização da CECAP

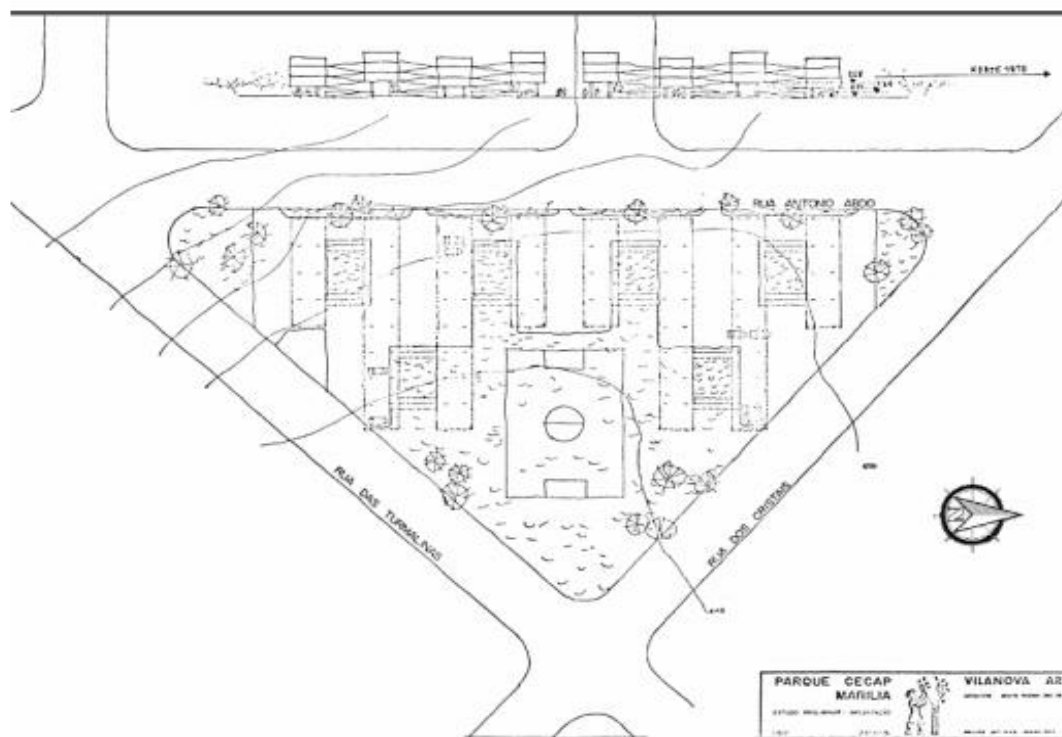


Fonte: Google Earth, 2020.

O projeto do terreno em formato triangular (Figura 10) tinha como objetivo o

melhor aproveitamento do espaço. Nas fachadas voltadas aos pátios centrais estão as esquadrias da cozinha, área de serviço e sala de cada apartamento (AUGUSTO, 2014).

Figura 10- Implantação da CECAP

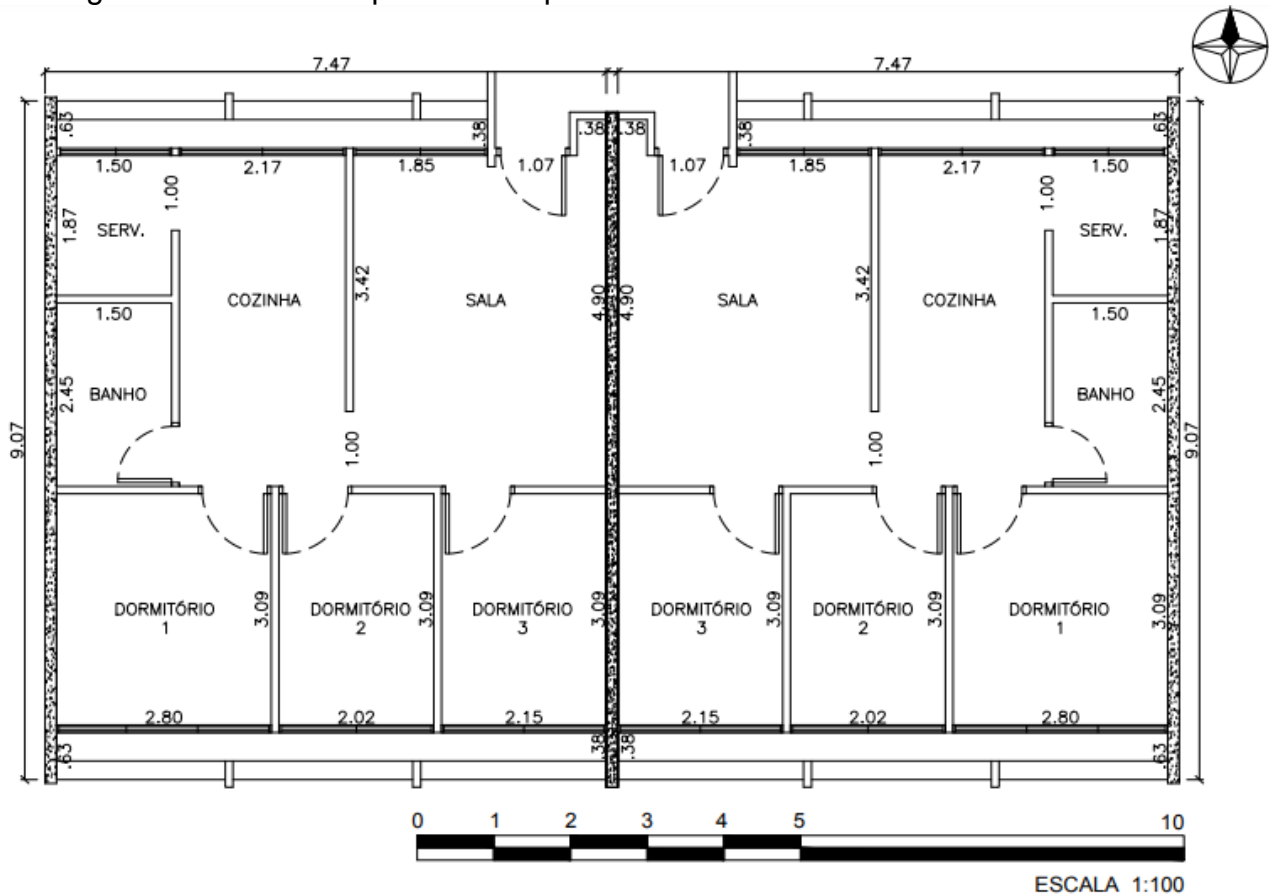


Fonte: Arquivo FAU-USP

O edifício possui armários em sua fachada, executados em concreto. Para Cunha (2009), a proposta é bem semelhante às demais feitas pelo arquiteto, em relação aos demais conjuntos habitacionais realizados por ele no interior de São Paulo, como a CECAP Zezinho Magalhães Prado (1967), Americana (1972) e de Jundiaí (1973) em vários aspectos: a parede hidráulica consegue abastecer ao mesmo tempo a cozinha, a área de serviço e o banheiro e concentra a tubulação de tal forma que consegue reunir em uma parede o abastecimento de dois apartamentos.

Os apartamentos tipo (Figura 11), possuem 64m² e contêm 3 dormitórios, banheiro e serviço, sala e cozinha.

Figura 11 – Planta do pavimento tipo



Fonte: Desenvolvido pela autora

Característico dos conjuntos desenvolvidos pelo arquiteto, os edifícios foram construídos sobre pilotis, o que facilita a ventilação entre os blocos, onde está localizado o estacionamento. Os blocos de residências tipo lâmina são justapostos em pares numa grande malha ortogonal, de modo que são servidos por caixas de escada que permitissem dispensar corredores no interior de cada pavimento. Essas caixas de escadas ligam em pares os edifícios, de forma a transformá-lo em um único bloco. Os edifícios têm, além do térreo liberado pelos pilotis, três pavimentos com dez apartamentos por andar.

Figura 12- Pátio central e rampas



Fonte: Autora, 2020

O conjunto habitacional se tornou um patrimônio histórico para a cidade e amostra da arquitetura moderna (Figura 12), como as demais CECAPs que foram padronizadas pelo arquiteto no interior de São Paulo.

2.3- Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira

Construído no ano de 1997 pela CDHU, o Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira está situado no extremo sul e é um dos principais empreendimentos desenvolvidos pela empresa na cidade.

Figura 13 – Localização do Conjunto Habitacional Paulo Lúcio Nogueira



Fonte: Google Earth, 2021

O conjunto habitacional possui centro comunitário, posto de saúde, creche, escola municipal de educação infantil (EMEI) e está localizado, como mostra a Figura 13, próximo ao centro comercial na Avenida Dr. Durval de Menezes e de escolas, a Escola Municipal de Educação Fundamental (EMEF), Prof. Antônio Moral e o Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SEST/SENAT).

Figura 14- Implantação do Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira



Fonte: Google Earth, 2021

De acordo com o memorial descritivo, os blocos de apartamentos se dividem em 44 blocos e duas lâminas e é destinada às famílias de baixa renda. Os apartamentos possuem uma sala, cozinha, banheiro, área de serviço e dois dormitórios com 45,46m². O edifício é constituído por 8 ou 10 apartamentos distribuídos no nível térreo e em mais três ou quatro andares sobre pilotis, em um total de 88 edifícios com 5 pavimentos, excluindo o térreo. O acesso ao apartamento se dá através da escada central, não confinada, e que atende duas unidades por andar.

Figura 15- Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira

(a) Fachada frontal



Fonte: Autora, 2020

(b) Fachada posterior



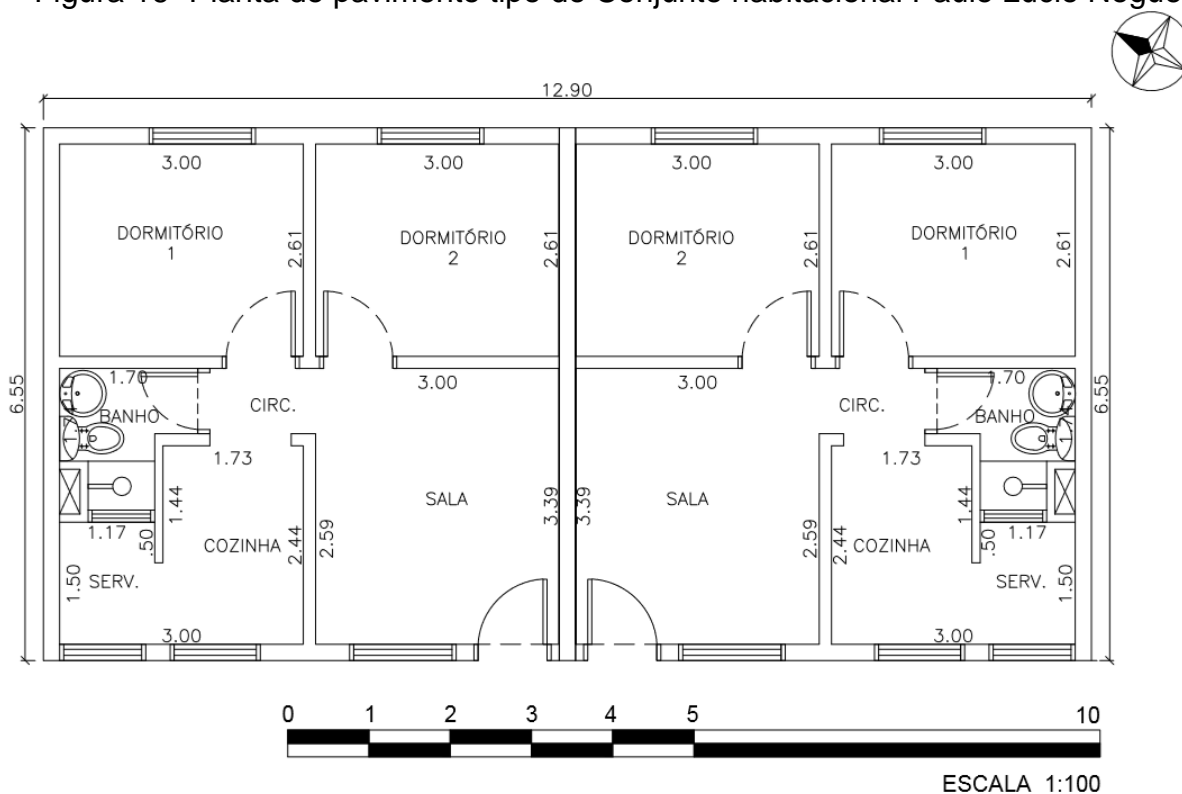
Fonte: Google Earth, 2021

A fachada frontal (a) do conjunto (Figura 15), possui um campo de futebol para o lazer e a fachada posterior (b) é próxima da Escola Municipal de Educação infantil (EMEI), e também de bares e lanchonete.

A estrutura da cobertura é de madeira e telha cerâmica tipo francesa. No revestimento interno da cozinha, banheiro e área de serviço foram aplicados a argamassa, cal e areia, assim como na área externa do edifício. As janelas não são as do projeto inicial, possuindo diferenças do projeto ao construído, que são do tipo basculante e com vitrô de correr, sendo as dos dormitórios do tipo veneziana. As portas dos apartamentos são de madeira maciça e mista.

O contra-piso interno foi executado com 7 cm. Nas áreas úmidas, como o banheiro cozinha e área de serviço, a argamassa recebeu um aditivo impermeabilizante hifrofugante.

Figura 16- Planta do pavimento tipo do Conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira



Fonte: Elaborado pela autora.

Algumas tipologias, como as da Figura 16, apresentam faces laterais em aberturas, quando o edifício permite uma implantação isolada e geminada em uma ou duas laterais. Nas soluções em pilotis, o andar térreo pode ser utilizado como área de estacionamento de veículos.

2.4- Conjunto habitacional Maria Rosa Nunes de Oliveira

O conjunto habitacional mais recente é o Maria Rosa Nunes de Oliveira, desenvolvido pela CDHU e entregue no ano de 2018. Localizado na rua Tamandaré, no bairro Alto Cafezal em Marília-SP, o edifício residencial multifamiliar possui uma área total de 1991,49m².

Figura 17 – Localização do conjunto habitacional Maria Rosa Nunes



Fonte: Google Earth, 2021

Os edifícios se encontram distantes do centro e não possuem tantos serviços disponíveis em comparação com os demais empreendimentos, conforme mostra a Figura 17. Os acessos para pedestres são pela rua Araraquara em pavimentos intermediários, divididos por um canteiro em níveis diferentes.

Figura 18 – Implantação do Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes



Fonte: Google Earth, 2021

O terreno do conjunto habitacional abriga os prédios divididos em blocos, na Figura 18. O bloco A localizado na rua Santa Cecília, e os blocos B e C ficam na Rua Almirante Tamandaré, sendo um deles destinado ao Centro de Apoio ao Condomínio (CAC).

Figura 19- Fachada dos edifícios

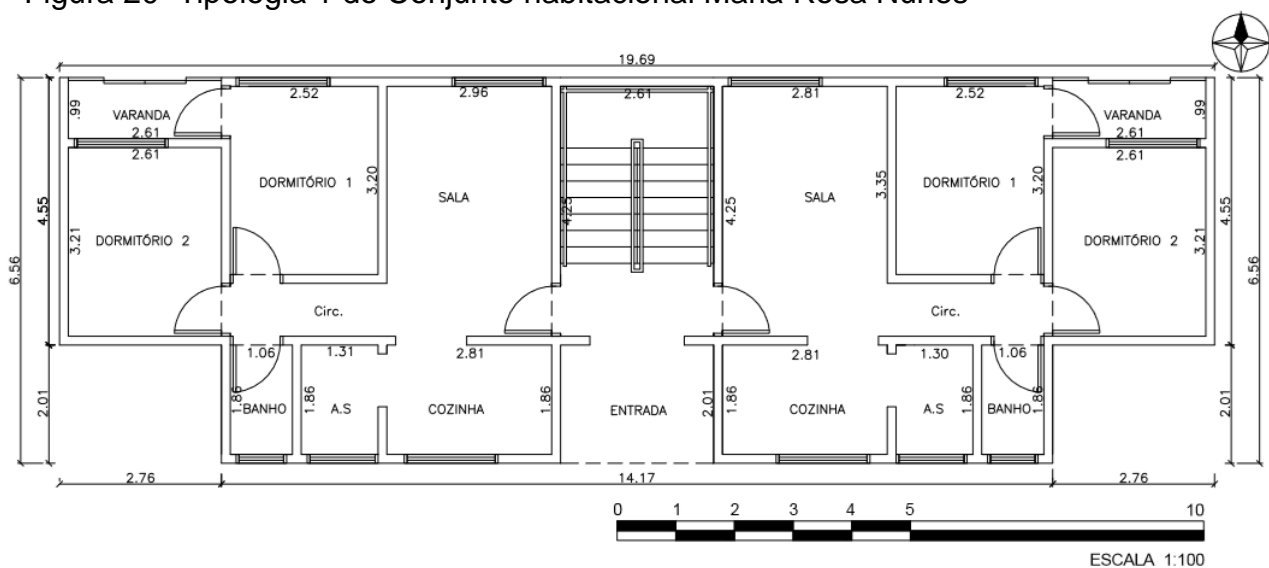


Fonte: Autora, 2021

Os três prédios são divididos em blocos, embora constituídos por 3 tipologias diferentes. Na Figura 19, o bloco A possui apenas uma tipologia de apartamentos, enquanto os blocos B e C possuem os mesmo apartamento tipo, incluindo o adaptado para moradores deficientes e com dificuldade de locomoção. A primeira tipologia possui 51,10 m², a segunda 50,67m² e a terceira 51,17m².

Os apartamentos se diferem por suas tipologias, possuindo opções com varandas externa e adaptadas, incluindo também o Centro de Apoio ao Condomínio (CAC). Os prédios são divididos por um canteiro, no centro da área comum e o estacionamento.

Figura 20- Tipologia 1 do Conjunto habitacional Maria Rosa Nunes



Fonte: Elaborado pela autora

Mantendo as características do prédio B, o bloco C possui a área comum no 1º pavimento e 2 unidades autônomas em cada um dos demais pavimentos, totalizando 8 apartamentos.

2.5 - Modelagem dos apartamentos para simulação computacional

A elaboração dos modelos de apartamentos para posterior simulação com o EnergyPlus foi feita a partir dos tutoriais de Souza e Silva (2021) e Veiga *et al.* (2020), com informações complementadas pelos documentos de suporte do próprio programa. Foram seguidas as recomendações do RTQ-R (BRASIL, 2012) para a elaboração de cronogramas de ocupação. As especificações de propriedades térmicas foram extraídas de Weber *et al.* (2017) e da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), e as absortâncias foram levantadas a partir de Dornelles (2008), todas complementadas pelo material de suporte do EnergyPlus e do OpenStudio.

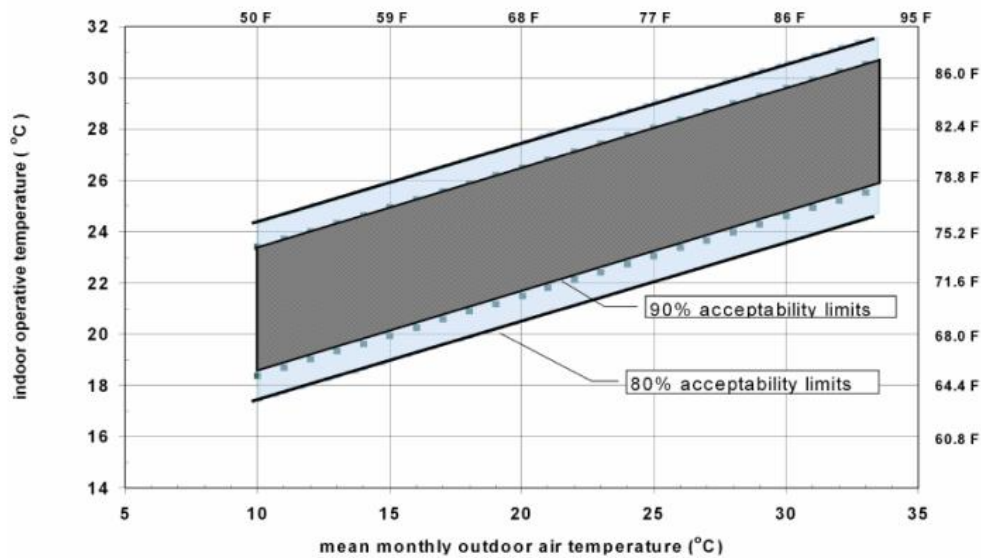
Cada apartamento foi modelado inicialmente com suas características (detalhes construtivos, materiais e orientações) originais. Posteriormente, outros modelos foram derivados desses, nas quais essas características foram permutadas entre os apartamentos, de maneira que se pudesse avaliar a influência de cada uma delas no desempenho térmico. No apartamento da CECAP Maria Izabel, as janelas são recuadas por conta dos armários sob elas; assim, a verga e as divisórias entre elas atuam como elementos de sombreamento. Para fins de comparação, os demais apartamentos também receberam sobre as janelas elementos de sombreamento de geometria similar.

A modelagem inicial foi realizada com a extensão OpenStudio 1.4.0 para o modelador gráfico SketchUp 8. Os arquivos .idf do EnergyPlus V8.1 gerados pelo programa foram convertidos para a versão 9.5.9 e as informações foram complementadas através do aplicativo IDFEditor.

2.5.1 - Modelo Adaptativo de Conforto Térmico da ASHRAE

O Modelo Adaptativo da ASHRAE-55 (ASHRAE, 2010; ANSI/ASHRAE, 2020) tem como propósito especificar a combinação da temperatura interna com fatores do ambiente e pessoais que produzem condições térmicas aceitáveis para a maioria dos ocupantes do espaço. Esse método define as condições para o conforto térmico em ambientes em que seus usuários possam controlar as condições térmicas.

Figura 22 - Limite inferior e superior da temperatura neutra



Fonte: ASHRAE, 2010

Conforme mostra a Figura 22, originalmente o gráfico continha a temperatura média mensal do ar no exterior. As versões posteriores alteraram a variável para a temperatura prevalente média externa (prevailing mean outdoor air temperature, $\bar{t}_{pma(out)}$), que pode ser ou a média das temperaturas médias diárias dos últimos 30 dias ou a temperatura calculada (ANSI/ASHRAE, 2020):

$$\bar{t}_{pma(out)} = (1 - a)[(t_{e(d-1)} + at_{e(d-2)} + a^2t_{e(d-3)} + a^3t_{e(d-4)} + \dots)]$$

OU:

$$\bar{t}_{pma(out)} = (1 - a)[(t_{e(d-1)} + at_{rm(n-1)})]$$

onde:

a = constante entre 0 e 1, dependendo das características do clima. A norma

recomenda o uso de $a = 0,9$ para climas com menor variação sinóptica, como quentes-úmidos, e $0,6$ para climas com maior variabilidade. A temperatura diária externa média: $t_{e(d-k)}$ ou $t_{e(n-k)}$ do k -ésimo dia anterior: $t_{rm(n-1)}$ = média móvel da temperatura externa, deve medir os sete dias anteriores (ASHRAE, 2017).

A faixa de conforto térmico de 80% de aceitabilidade, mais comumente empregada, é dada pelo intervalo:

$$\text{Limite superior} = 0,31 + \overline{t_{pma(out)}} + 21,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

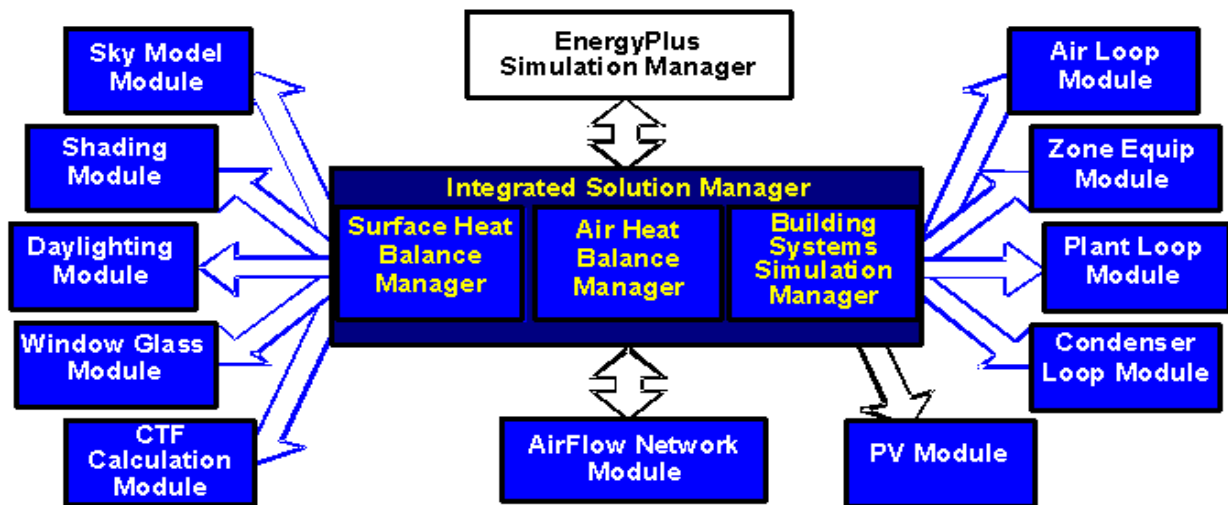
$$\text{Limite inferior} = 0,31 + \overline{t_{pma(out)}} + 14,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

O modelo adaptativo da ASHRAE-55 é válido para temperaturas do ar externas entre 10°C e $33,5^\circ\text{C}$, vestimentas com resistência térmica de $0,5$ a $1,0$ clo e taxa metabólica de $1,0$ a $1,5$ met (ASHRAE, 2020).

2.5.2- Programa Computacional EnergyPlus

O EnergyPlus é um programa de simulação de desempenho de construção desenvolvidos pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). Os três componentes básicos do programa, conforme detalha a Figura 6, são: gerenciamento de simulação que controla todo o processo, simulação de equilíbrio térmico que calcula as cargas térmicas e massa, e os sistemas prediais que comunicam o equilíbrio de calor, água, ar e seus componentes anexados. O programa considera todos os ambientes do edifício, e os cálculos de convecção por ele desenvolvido são bem detalhados.

Figura 6 - Componentes do EnergyPlus



Fonte: Crawley *et al.* (2001)

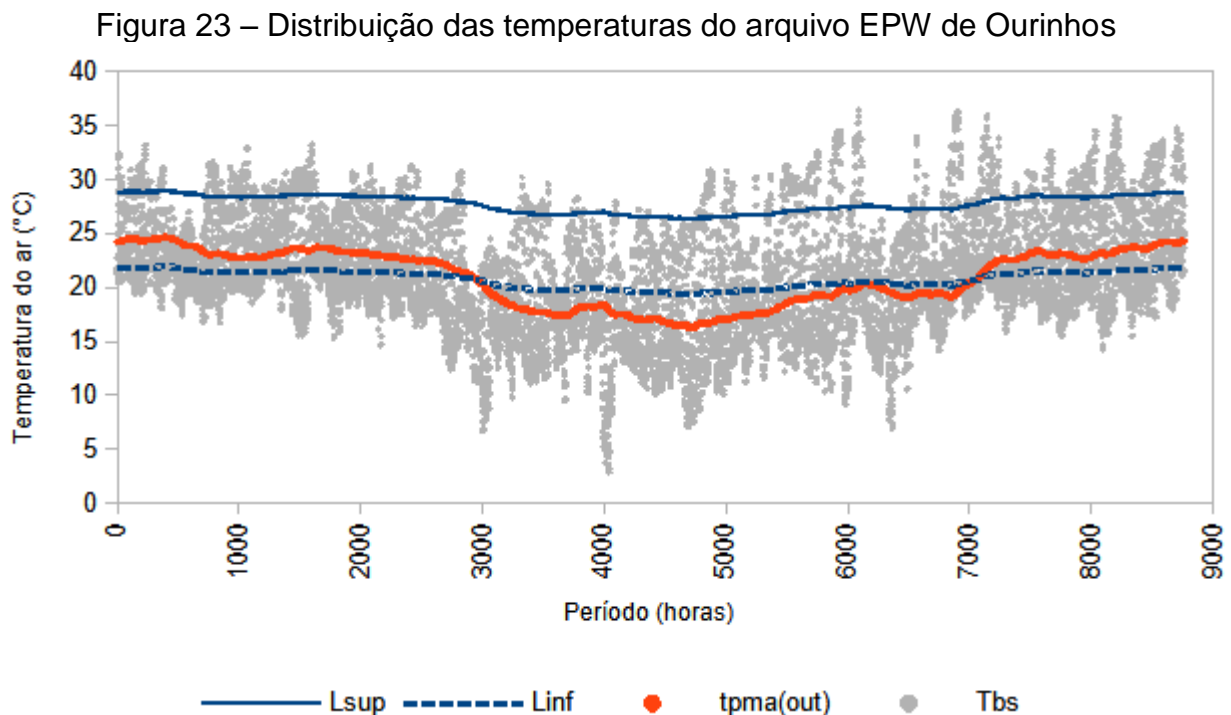
Através de arquivos climáticos de dados horários, verifica-se o consumo de energia resultante (CRAWLEY *et al.* 2001). Os arquivos EPW (EnergyPlus Weather), empregados pelo EnergyPlus, são disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina - labEEE (<https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>), e contêm dados horários de dias de referência ao longo do ano de um determinado período. Esses arquivos abrangem as variáveis de temperatura de bulbo seco; temperatura de orvalho; umidade relativa do ar; direção e velocidade dos ventos; nebulosidade; pressão barométrica e radiação solar, entre outros (LAMBERTS *et al.* 2015).

O OpenStudio, um aplicativo de gerenciamento do EnergyPlus que possui também um plugin do modelador tridimensional Sketchup, fornece toda uma estrutura para conduzir a análise da energia térmica em todo o edifício (GUGLIELMETTI, 2011). Esse programa de simulação computacional foi escolhido por ser mais ágil e prático, e também pela precisão dos dados em seu desempenho térmico. (FERREIRA *et al.* 2012; KRUGER *et al.* 2014).

2.5.3 – Localização e clima

Os conjuntos estudados localizam-se em Marília, no interior do estado de São Paulo, latitude 22°12'S, longitude 49°56'O, altitude média de 675 m, Zona Bioclimática 3. Entretanto, a cidade não dispõe de arquivo EPW. Assim, conforme recomendado pela NBR 15250-3, foi usado nas simulações o arquivo climático de uma cidade próxima na mesma zona bioclimática, no caso a cidade de Ourinhos, latitude 22°58'S, longitude 49°52'O, altitude média de 483 m, selecionada a partir de pesquisa com o programa computacional ZBBR (RORIZ, 2012). O arquivo, BRA_SP_Ourinhos.868660_INMET.epw, foi obtido do pacote de arquivos de 2018 do site do labEEE da UFSC.

A Figura 23 representa a distribuição de temperaturas horárias ao longo do ano do arquivo climático empregado, com os limites superior e inferior do modelo adaptativo da ANSI/ASHRAE-55 (ANSI/ASHRAE, 2020) e a temperatura prevalente, calculada pelo EnergyPlus, onde o frio foi predominante.



Fonte: Elaborado a partir dos dados do arquivo climático de Ourinhos

2.5.4 – Cronogramas e ganhos térmicos internos

Conforme recomendação do RTQ-R, foi elaborada uma agenda de ocupação para os cômodos de longa permanência, a sala e os dormitórios. A ocupação máxima de cada apartamento é de 4 pessoas, conforme recomenda o RTQ-R, distribuídas conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Taxa de ocupação máxima nos ambientes dos apartamentos

Nº pessoas	Ocupação máxima			
	Dormitório 1	Dormitório 2	Dormitório 3	Sala
CECAP Maria Izabel	2	1	1	4
CDHU Maria Rosa Nunes	2	2	-	4
CDHU Paulo Lúcio Nogueira	2	2	-	4

Fonte: Adaptado pela autora com base na RTQ-R

Foi modelado um cronograma de ocupação para os fins de semana e outro para os dias de semana, considerando as atividades desenvolvidas no período da manhã, tarde e noite em um período de 24 horas, durante todo o ano e para todos os apartamentos. Dado o momento histórico durante o qual foi elaborada esta dissertação, no qual ocorria uma pandemia do vírus Covid-19, considerou-se que duas pessoas permaneciam no apartamento trabalhando em home-office, o que aumenta o número de horas de ocupação da sala em relação ao proposto no RTQ-R. O consumo energético dos equipamentos e a carga térmica metabólica das pessoas presentes no apartamento estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Carga térmica gerada pelas pessoas e consumo energético de equipamentos

Atividade metabólica ¹		
Unidade	Dormitórios	Sala
W	81	108
Equipamentos ²		
Unidade	Refrigerador – Cozinha	
KWh/mês	25200	
h/dia	24	
W	35	
Unidade	TV em cores – 42" (LED) – Sala	
KWh/mês	30450	
h/dia	5	
W	203	
Unidade	Notebook (2) – Sala	
KWh/mês	9600	
h/dia	8	
W	46	
Unidade	Roteador – Sala	
KWh/mês	1440	
h/dia	8	
W	6	
Iluminação elétrica (eficácia: 60 W/m ²) ³		
Unidade	Dormitórios	Sala
lux	300	360
W/m ²	5	6

Fontes ¹ DOE, 2021; ² PROCELINFO, 2006; ABNT, 2013

As Figuras 24 a 25 apresentam os cronogramas de ocupação e de uso de equipamentos nos ambientes simulados.

Figura 24 – Taxa de ocupação nos ambientes simulados

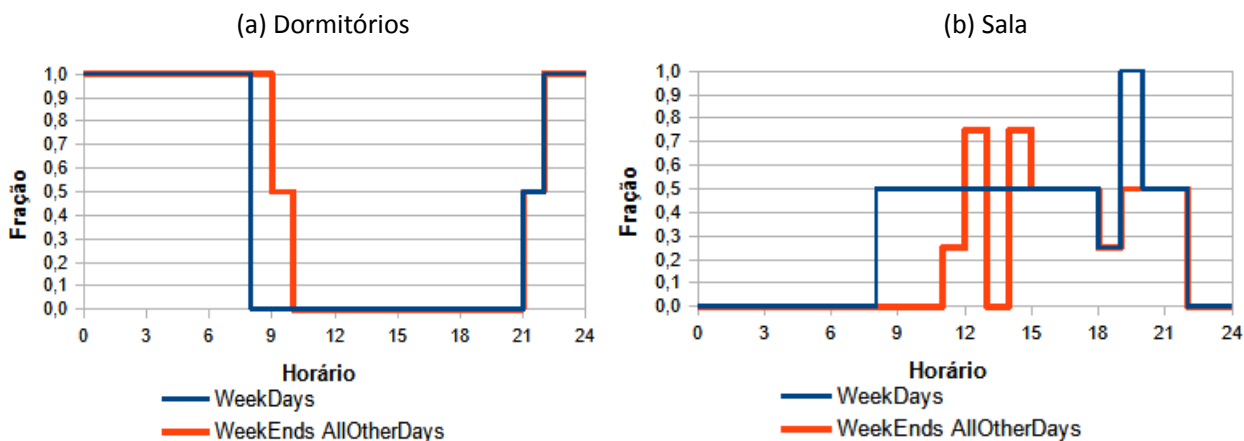


Figura 25 – Iluminação

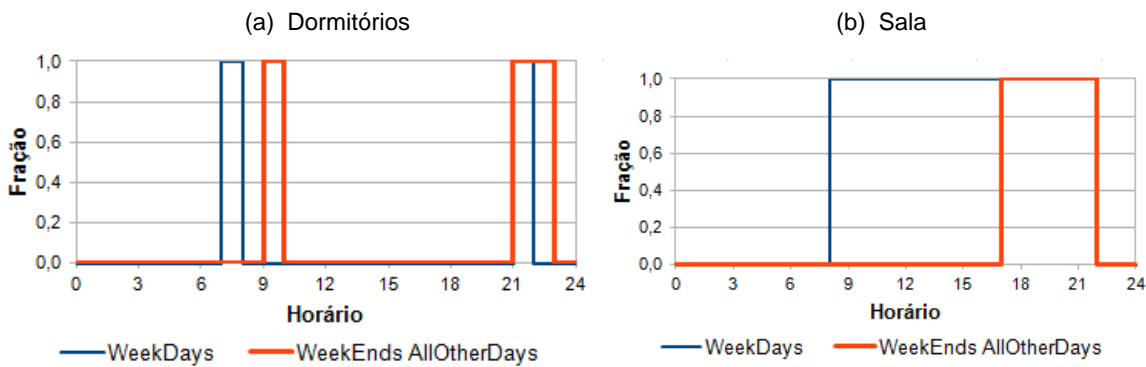
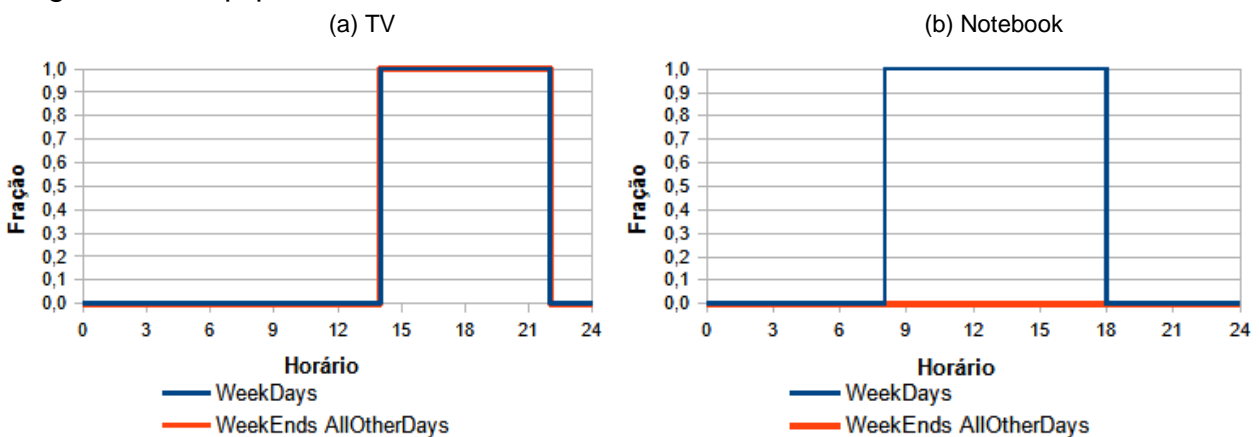


Figura 26 – Equipamentos



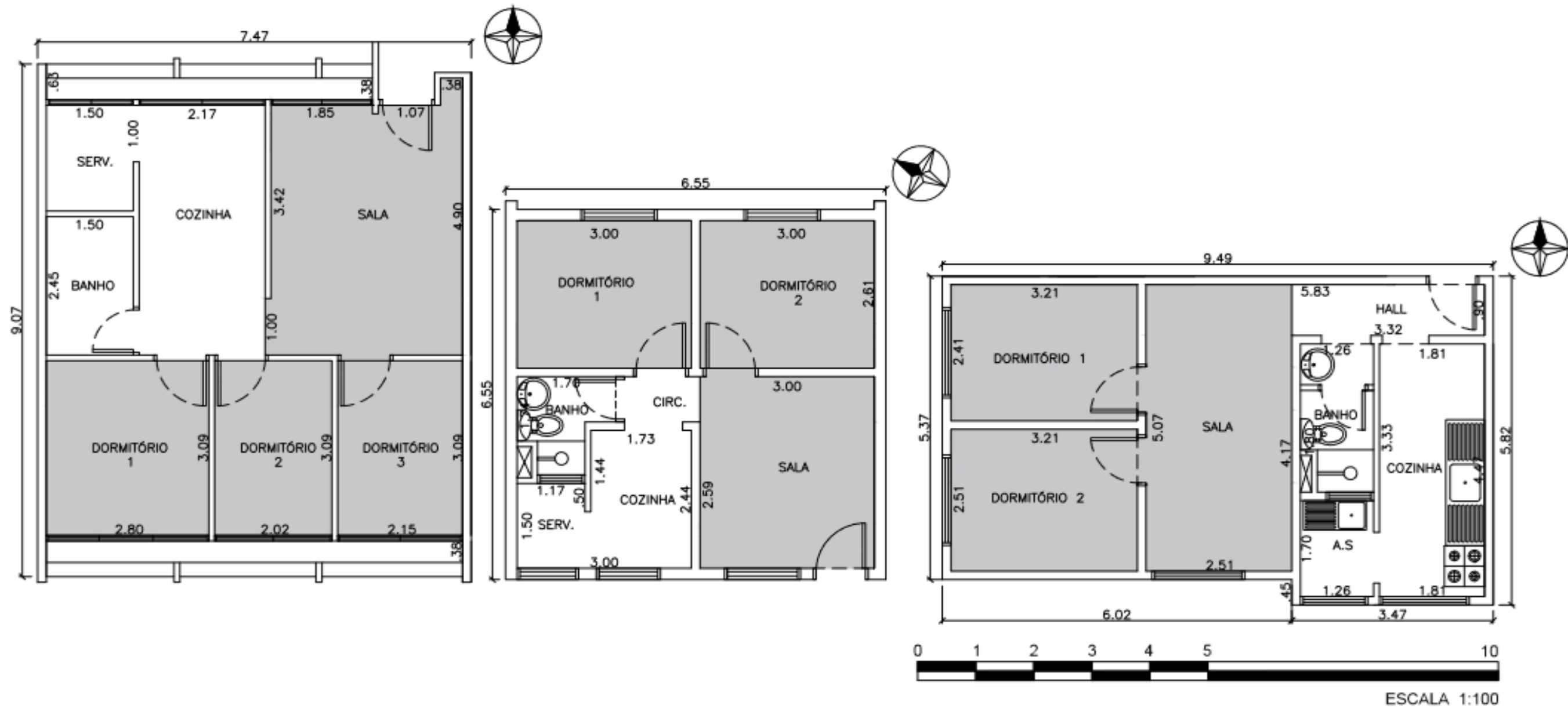
O isolamento térmico da vestimenta dos ocupantes foi controlado dinamicamente pelo método *Dynamic Clothing Model* da ASHRAE-55. E o modelo de conforto térmico adotado foi o adaptativo, também da ASHRAE-55. A ventilação foi definida como disponível durante o dia todo, todos os dias.

2.5.5 – Layout da planta, materiais e sistemas construtivos

Para a descrição dos modelos para o estudo de caso, a Figura 30 contém as plantas e principais características dos apartamentos estudados. Nela são destacados os ambientes de longa permanência, para os quais foram elaboradas agendas de ocupação, conforme recomendação da RTQ-R (2012). As Tabelas 3 a 6 contêm as demais propriedades de materiais e superfícies empregadas no modelos. Foram considerados na modelagem apartamentos do penúltimo pavimento e situados no interior dos blocos, para evitar o efeito de borda. Assim o teto, o piso e as paredes divisórias com outros

apartamentos foram consideradas adiabáticas; as demais paredes sofrem a ação da radiação solar e dos ventos. Cada cômodo separado por portas dos vizinhos ou que possuem carga térmica distinta daqueles foi considerada uma zona térmica. A morfologia dos prédios do Maria Izabel (MI) e do Paulo Lúcio Nogueira (PLN) é linear, comportando apartamentos em posições intermediárias, enquanto no Maria Rosa Nunes de Oliveira (MRN) os apartamentos compõem blocos de 4 por andar, expondo mais superfície ao exterior (Figura 1). Em todos os prédios os apartamentos são dispostos em orientações espelhadas, ou seja, em direções opostas.

Figura 27 - Descrição dos modelos para estudo de caso



Conjunto: CECAP Maria Izabel	Conjunto: CDHU Paulo Lúcio Nogueira	Conjunto: CDHU Maria Rosa Nunes
Área: 64m ²	Área: 50,67m ²	Área: 45,46 m ²
Pé-direito: 3,00 m	Pé-direito: 3,00 m	Pé-direito: 3,00 m
Ambientes de simulação: Sala e dormitórios	Ambientes de simulação: Sala e dormitórios	Ambientes de simulação: Sala e dormitórios
Tabela de materiais: Tabelas 4, 5 e 6 e 7	Tabela de materiais: Tabelas 8 e 9	Tabela de materiais: Tabelas 8 e 9
Janelas e portas: Tabela 10 e 11	Janelas e portas: Tabela 10 e 11	Janelas e portas: Tabela 10 e 11

Tabela 4 – Sistemas construtivos da CECAP Maria Izabel utilizados na simulação

Paredes externas: bloco de concreto 2 furos 14x19x39 cm revestido de argamassa de ambos os lados

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Argamassa interna	0,025	1,150	2000	1000	0,022	4,91	2,68	272
Concreto	0,030	1,750	2400	1000	0,017			
Câmara de ar	0,080	0,636	-	-	0,126			
Concreto	0,030	1,750	2400	1000	0,017			
Argamassa externa	0,025	1,150	2000	1000	0,022			
Espessura total (m)							0,19	
Densidade média (kg/m³)							1284	
λ médio (W/mK)							0,933	
c médio (kJ/kgK)							1115	
Absortância visível							0,1	
Absortância térmica e solar							0,2	

Fonte: Weber (2017) e Dornelles (2008)

Tabela 5 - Composição das paredes internas da CECAP

Paredes internas: 2 placas de gesso de 1,2 cm com câmara de ar - NBR 5220

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Placa de gesso	0,012	0,160	800	1090	0,075	12,24	4,51	21
Câmara de ar	0,076	-	-	-	0,170			
Placa de gesso	0,012	0,160	800	1090	0,075			
Espessura total (m)							0,1	
Densidade média (kg/m³)							192	
Absortância térmica e solar							0,2	
Absortância visível							0,1	

Fonte: NBR 15220- 2 e Dornelles (2008)

Tabela 6 - Composição dos armários da CECAP

Armário: vedação externa: placa de concreto 10 cm; câmara de ar: 80 cm; porta interna de madeira = porta interna

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Placa de concreto	0,10	1,750	2400	1000	0,057	1,97	1,48	251
Câmara de ar (interior do armário)	0,67	-	-	-	0,150			
Porta de madeira interna	0,03	0,100	350	1000	0,300			
Espessura total (m)							0,80	
Densidade média (kg/m³)							313	
λ médio (W/mK)							1,58	

c médio (kJ/kgK)	1000
Absortância térmica	0,2
Absortância visível	0,1
Absortância solar	0,2

Fonte: NBR 15220- 2 e Dornelles (2008)

Tabela 7 - Composição do piso e teto da CECAP

Paredes externas: laje de concreto armado 10 cm + contrapiso 2 cm + piso cerâmico 0,75

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Argamassa interna	0,1	1,750	800	1090	0,057	12,24	4,51	137
Contra-piso	0,02	1,150	2000	1090	0,017			
Piso cerâmico	0,0075	1,050	800	1090	0,007			
Espessura total (m)							0,1275	
Densidade média (kg/m³)							988	
Absortância solar (piso)							0,63	
Absortância solar (teto)							0,2	
Absortância visível (piso)							0,7	
Absortância visível (teto)							0,1	
Absortância térmica e solar							0,2	

Fonte: Weber (2017) e Dornelles (2008)

Tabela 8 - Sistemas construtivos do Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes (CDHU) utilizados na simulação

Paredes externas: bloco cerâmicos de 6 furos 9x12x24 cm revestida de argamassa externa e interna

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Argamassa interna	0,025	1,150	2000	1000	0,022	4,03	2,39	150
Cerâmica	0,0134	0,900	1600	920	0,015			
Câmara de ar	0,0632	0,361	-	-	0,175			
Cerâmica	0,0134	0,900	1600	920	0,015			
Argamassa externa	0,025	1,150	2000	1000	0,022			
Espessura total (m)							0,140	
Densidade média (kg/m³)							1021	
λ médio (W/mK)							0,564	
c médio (kJ/kgK)							1050	
Absortância visível							0,1	
Absortância térmica e solar							0,2	

Tabela 9 - Composição do piso e teto da CDHU

Paredes externas: laje pré-moldada com tavela cerâmica 24x7x20, contrapiso e piso cerâmico

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Concreto	0,025	1,150	2000	1000	0,022	6,59	3,43	179
Cerâmica	0,0134	0,900	1600	920	0,015			
Câmara de ar	0,0632	0,361	-	-	0,175			
Cerâmica	0,0134	0,900	1600	920	0,015			
Contra-piso	0,025	1,150	2000	1000	0,022			
Piso-cerâmico	0,0075	1,050	800	1090	0,007			
Espessura total (m)							0,1375	
Densidade média (kg/m³)							1324	
Absortância térmica e solar (teto)							0,2	
Absortância visível (teto)							0,1	
Absortância visível (piso)							0,1	
Absortância térmica e solar (piso)							0,2	

Fonte: Dornelles (2008)

Tabela 10 - Composição das portas

Porta externa: porta de madeira maciça 3 cm

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Porta de madeira maciça	0,03	1,560	988	1340	0,019	52,00	5,28	40
Espessura total (m)							0,03	
Densidade média (kg/m³)							988	
λ médio (W/mK)							1,56	
c médio (kJ/kgK)							1340	
Absortância térmica							0,2	
Absortância solar							0,2	
Absortância visível							0,1	

Fonte: OpenStudio e Dornelles (2008)

Porta interna: porta de madeira semi-oca 3 cm

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Porta de madeira semi-oca	0,03	0,100	350	1000	0,300	3,33	2,13	11
Espessura total (m)							0,03	
Densidade média (kg/m³)							350	
λ médio (W/mK)							0,10	
c médio (kJ/kgK)							1000	
Absortância térmica							0,2	
Absortância solar							0,2	
Absortância visível							0,1	

Fonte: OpenStudio e Dornelles (2008)

Tabela 11 - Composição das esquadrias

Composição	e (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (J/kgK)	Rt (m ² K/W)	Ut sem filme (W/m ² K)	Ut com filme (W/m ² K)	Ct (kJ/m ² K)
Chapa de aço (B)	0,025	55,000	7800	460	0,0005	59,09	6,37	12,177
Chapa de aço (A)	0,0015	55,000	7800	460	0,00003			
Chapa de aço dobrada	0,0030	55,000	7800	460	0,00005			
Câmara de ar	0,02	-	-	-	0,170			
Vidro	0,0040	0,900	2500	840	0,004			
Gesso	0,0090	0,160	800	840	0,056			
λ médio (W/mK)							1,477	
c médio (kJ/kgK)							49,240	

Fonte: Ferranor (2021) e NBR 15220-2

2.5.6- Infiltrações de ar e ventilação natural

A infiltração de ar e do fluxo de ventilação tem profunda influência nos ambientes internos e externos em relação as necessidades energéticas dos edifícios (LIDDAMENT,1986 *apud* Veiga et al. 2020). As infiltrações de ar e a ventilação natural dos conjuntos habitacionais foram calculados com o objeto AirflowNetwork, do EnergyPlus.

O AirflowNetwork calcula o fluxo de ar entre as zonas térmicas simuladas e o exterior, através de frestas e aberturas. No módulo relacionado à ventilação natural, são determinados os *linkages* (conexões) do fluxo de ar, as características do entorno da edificação, as condições de abertura das janelas e portas e as condições de ventilação (VEIGAS, *et al.* 2020). A Tabela 12 mostra os valores dos campos do objeto Airflow Network, preenchidos a partir de informações de Veiga *et al.* (2020) e DOE (2021)

Tabela 12 - Coeficientes e expoentes de ar das portas e janelas

	Portas (NV)	Aberturas (NV)	Janelas de abrir (NV)
Coeficiente de fluxo	0,0024	1	0,0003
Exponente de fluxo	0,65	0,65	0,58
Tipo de abertura vertical (LVO)	NonPivoted	NonPivoted	NonPivoted
Extra Crack Length	0	0	0
Number of Sets of Opening Factor Data	2	2	2
Opening Factor 1	0	0	0
Discharge Coefficient for	0,001	0,6	0,45

	Portas (NV)	Aberturas (NV)	Janelas de abrir (NV)
Opening factor 1			
Width factor for Opening factor 1	0	1	0
Height factor for opening factor 1	1	1	0
Start Height factor for Opening factor 1	0	0	0
Opening Factor 2	1	1	1
Discharge Coefficient for Opening factor 2	0,6	0,6	0,6
Width factor for Opening factor 2	0,65	0,9	1
Height factor for opening factor 2	1	1	0,4
Start Height factor for Opening factor 1	0	0	0

Fonte: Veigas, et al. (2020)

Os dados foram configurados conforme os objetos do Airflow Network nos cálculos de ventilação, considerando que as esquadrias fossem comuns. Os comandos das portas e janelas foram divididos em "temperature", onde portas e janelas se abrem quando a temperatura interna for maior que a externa e a da zona for maior que a temperatura do schedule, se permitir a ventilação na edificação. As aberturas de janelas são acionadas quando a temperatura passa de 23°C. Aberturas sem porta entre zonas com comportamento térmico distintos, como cozinha e sala, foram definidas como "constant", permanentemente abertas.

2.5.5 – Saída de resultados

Foi programada a saída horária de dados das seguintes variáveis:

- *Zone Operative Temperature* – temperatura operativa média das zonas
- *Zone Thermal Comfort ASHRAE 55 Adaptive Model 80% Acceptability Status* – retorna -1 se o horário não está no cronograma, 1 se a temperatura

operativa estiver dentro dos limites do conforto térmico adaptativo e o caso contrário

- *Zone Thermal Comfort ASHRAE 55 Adaptive Model Running Average Outdoor Air Temperature* – temperatura prevalente horária externa

3- SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS

Os modelos dos apartamentos foram simulados como um todo para a avaliação de sua eficácia térmica, conforme descreve a NBR 15575-1. Com a atualização da NBR 15575, em 2020, o método para a simulação computacional apresentou propostas para ser mais abrangente e representativo. Foram adotadas as simulações anuais durante as 24 horas do dia, com as cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), modelagem de janelas operáveis com a ajuda do arquivo climático e de indicadores como o percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa máxima e mínima, com a carga térmica total (LABEEE, 2020).

3.1- PERMUTAÇÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO, SOMBREAMENTO E DE POSIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO

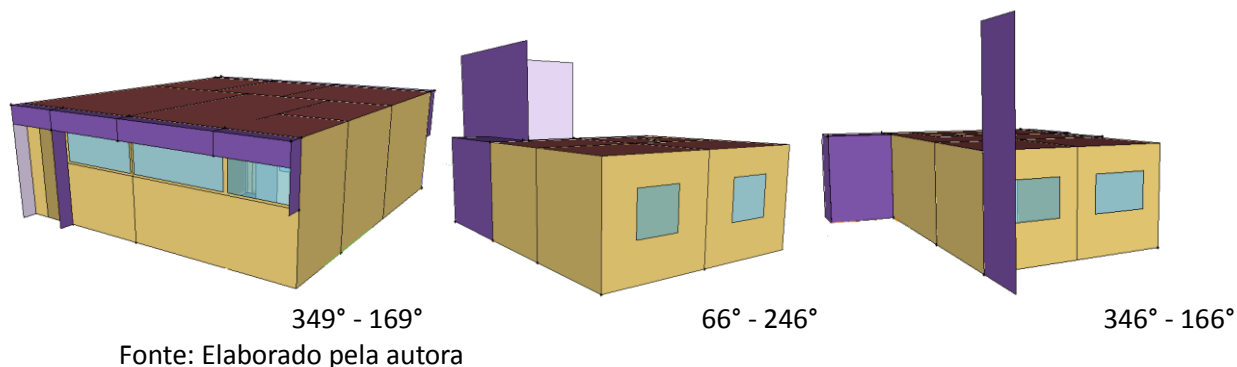
Foram permutados entre os modelos de apartamentos os materiais de construção, a orientação de implantação e elementos de sombreamento. Além disso, o desempenho térmico dos arranjos físicos dos apartamentos também foram comparados entre si, mantendo constantes os demais parâmetros. As trocas entre os apartamentos mostraram a variação de seus desempenhos térmicos com as características dos outros dois estudos de caso, criando assim diversas combinações. As orientações padrões dos conjuntos habitacionais se encontram nos ângulos de 349°, 169°, 246° e 66° em relação ao norte e foram testadas em todos os apartamentos, mostrando o impacto e a importância da avaliação da posição do edifício no terreno.

Primeiramente, o azimute da CECAP Maria Izabel foi avaliado com os demais azimutes padrões e também com sua angulação original (349°) e o azimute oposto (169°)

As características de cada apartamento foram divididas em sistema construtivo padrão e com as trocas, com e sem o sistema de sombreamento e as variações de ângulação do terreno. A Figura 31 mostra os apartamentos modelados no SketchUp em conjunto com o OpenStudio, com os sistemas de origem. Além das permutações de materiais de construção propriamente ditos, foram também dispostas as configurações de armários da CECAP Maria Izabel sob todas as janelas dos modelos dos demais conjuntos estudados.

Figura 28- Apartamentos com as características originais

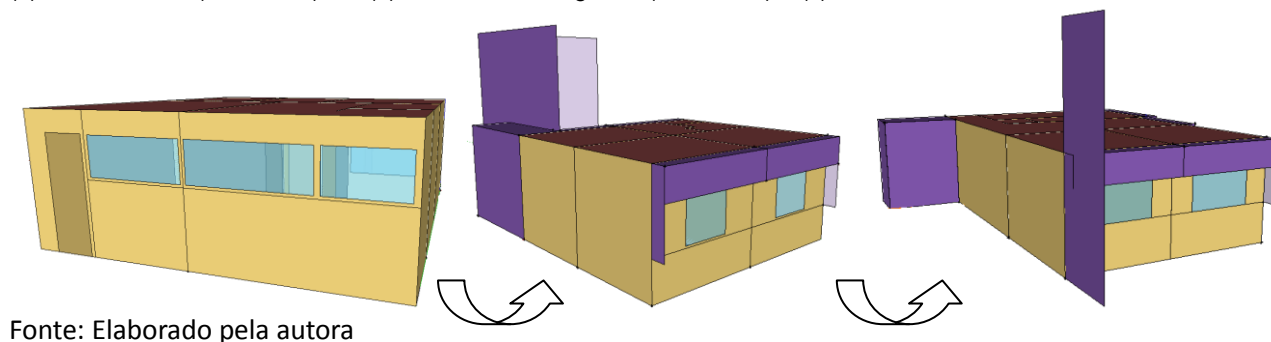
(a) Maria Izabel (Padrão) (b) Paulo Lúcio Nogueira (Padrão) (c) Maria Rosa Nunes de Oliveira (Padrão)



Os apartamentos desenvolvidos pela CDHU não possuem sistemas de sombreamento; assim, foram simulados com os elementos semelhantes aos da CECAP Maria Izabel, como mostra a Figura 35.

Figura 29- Apartamentos com sistema de sombreamento e construtivo da CECAP Maria Izabel

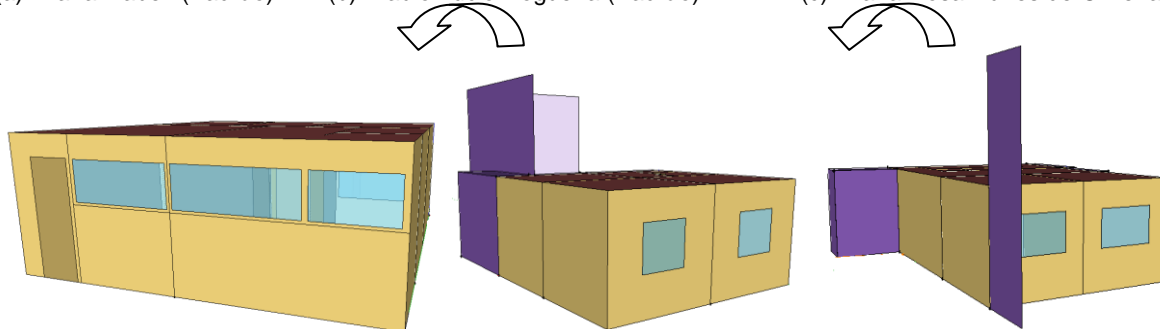
(a) Maria Izabel (Sem brise) (b) Paulo Lúcio Nogueira (Com brise) (c) Maria Rosa Nunes de Oliveira (Com brise)



Os sistemas construtivos, na Figura 30, também foram trocados entre as habitações.

Figura 30- Apartamentos com os sistemas construtivos da CDHU

(a) Maria Izabel (Padrão) (b) Paulo Lúcio Nogueira (Padrão) (c) Maria Rosa Nunes de Oliveira (Padrão)



Fonte: Elaborado pela autora

Para obter os resultados de todas essas trocas foi necessário realizar 23 simulações na CECAP Maria Izabel e 24 simulações no Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes, totalizando 71 dados de saída, como demonstra a Tabela 14 dividida pelas iniciais dos conjuntos habitacionais. O Maria Izabel foi definida pelo (MI), o Paulo Lúcio Nogueira pelo (PLN) e o Maria Rosa Nunes pelo (MRN).

Tabela 14 - Simulações executadas

CECAP Maria Izabel (MI) 349° - 169°			
66°	169°	246°	349°
Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Padrão (MRN)	Padrão (MRN)	Padrão (MRN)	Padrão (MRN)
Padrão (PLN)	Padrão (PLN)	Padrão (PLN)	Padrão (PLN)
Sem brises (MRN)	Sem brises	Sem brises	Sem brises
Sem brises (PLN)	Sem brises (MRN)	Sem brises (MRN)	Sem brises (MRN)
-	Sem brises (PLN)	Sem brises (PLN)	Sem brises (PLN)
CDHU Paulo Lúcio Nogueira (PLN) 66° - 246°			
66°	169°	246°	349°
Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Padrão (MI)	Padrão (MI)	Padrão (MI)	Padrão (MI)
Padrão (MRN)	Padrão (MRN)	Padrão (MRN)	Padrão (MRN)
Com brises	Com brises	Com brises	Com brises
Com brises (MI)	Com brises (MI)	Com brises (MI)	Com brises (MI)
Com brises (MRN)	Com brises (MRN)	Com brises (MRN)	Com brises (MRN)

CDHU Maria Rosa Nunes de Oliveira (MRN) 346° - 166°			
66°	166°	246°	346°
Padrão	Padrão	Padrão	Padrão
Padrão (MI)	Padrão (MI)	Padrão (MI)	Padrão (MI)
Padrão (PLN)	Padrão (PLN)	Padrão (PLN)	Padrão (PLN)
Com brises	Com brises	Com brises	Com brises
Com brises (MI)	Com brises (MI)	Com brises (MI)	Com brises (MI)
Com brises (PLN)	Com brises (PLN)	Com brises (PLN)	Com brises (PLN)

Fonte: Elaborado pela autora

Nas implantações foram simulados os ângulos opostos de cada conjunto habitacional os azimutes de cada fachada, que estão em 66°, 169°, 246° e 349°. Os ângulos opostos são: CECAP Maria Izabel 349°-169°, Maria Rosa Nunes 346°-166°, Paulo Lúcio 66°-246°.

Embora os arranjos físicos dos apartamentos MI e PLN sejam similares, seu sistemas construtivos são bastante distintos (Tabelas 1 e 2). Suas fachadas também apresentam diferentes concepções: nos apartamentos MI, as fachadas contam com armários sob as janelas e estas são recuadas em relação à face, de maneira que as vergas atuam como elementos de sombreamento. Não obstante defasagem de quase 10 anos, o sistema construtivo dos edifícios construídos pela CDHU praticamente não sofreu alterações, embora o arranjo físico tenha sido bastante modificado. Em comum, restam o banheiro e a área de serviço em linha, sendo o primeiro ventilado e iluminado naturalmente através do segundo ambiente. Por possuírem uma diferença de 3°, as implantações da CECAP Maria Izabel e do Maria Rosa Nunes não foram consideradas como variáveis, com isso elas foram aplicadas entre a CECAP Maria Izabel e o Paulo Lúcio Nogueira.

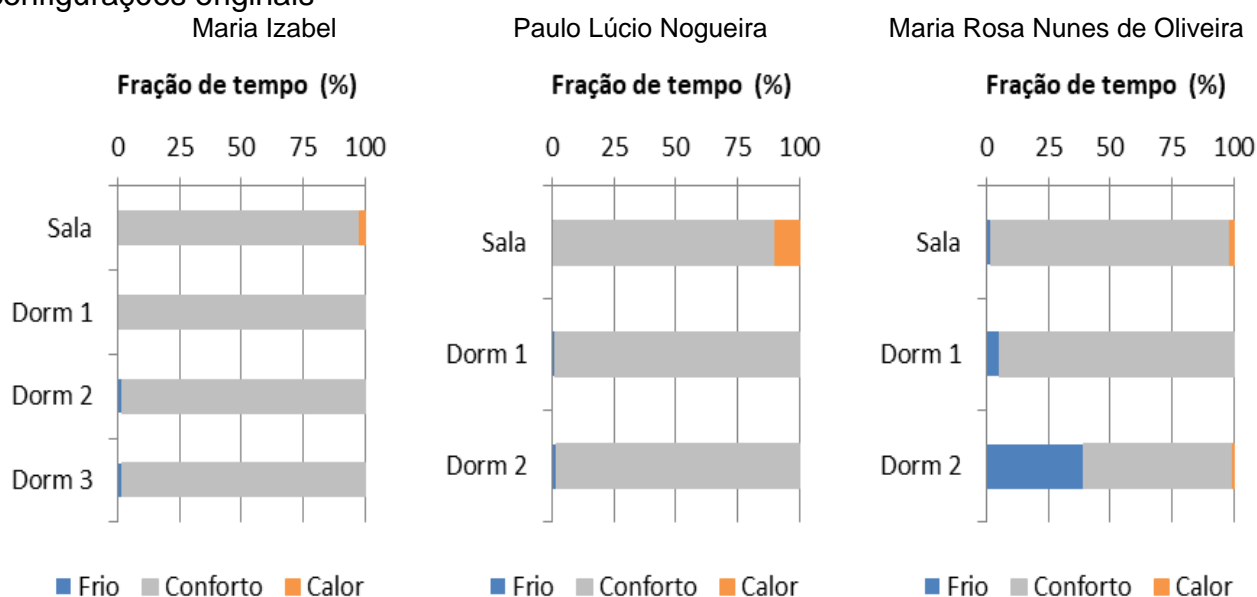
4- RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados do desempenho térmico em ambientes de longa permanência, analisados através dos dados obtidos pela simulação térmica.

4.1- Comparação em relação à configuração original

A avaliação do desempenho térmico analisou a permutação dos sistemas construtivos e da orientação entre os conjuntos habitacionais. A Figura 35 mostra a variação das horas anuais em conforto térmico e em desconforto térmico por frio e por calor nos modelos simulados dos apartamentos MI, PLN e MRN.

Figura 31- Fração de tempo em conforto ou desconforto térmico dos modelos nas configurações originais



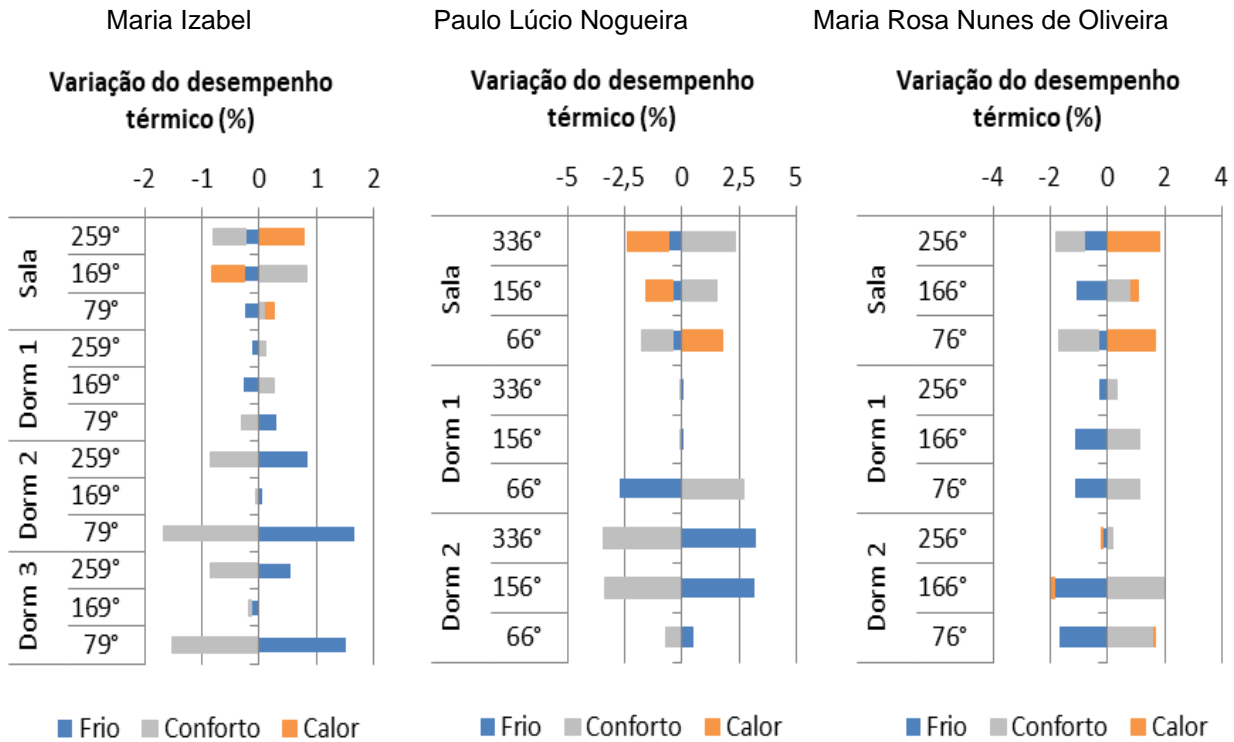
Fonte: Elaborado pela autora

4.2- Comparação em relação à variação de orientação

A orientação tem pouca influência no desempenho térmico: as posições testadas geraram variações nas frações de tempo em conforto ou desconforto térmico menores que 5% e, particularmente no MI, menores que 2%. Diferenças dessa ordem de grandeza dificultam explicações mais precisas, uma vez que os valores envolvidos são

muito pequenos (p. ex. $137/4230 = 3,2\%$, na variação do desempenho térmico do dormitório 2 do PLN a 336° em relação à orientação padrão de 246°).

Figura 32 - Variação do desempenho térmico dos modelos em função da orientação da fachada



Fonte: Elaborado pela autora

Os materiais de construção empregados no MI (Figura 32) possuem a mesma ordem de grandeza de transmitância térmica que os demais, mas capacidade térmica bem maior. Isso significa que, ao substituir seus materiais pelos dos prédios da CDHU (PLN e MRN), a inércia térmica dos dormitórios diminui e eles ficam mais frios à noite. Os sistemas construtivos dos prédios da CDHU são os mesmos; assim, são registradas variações em seu desempenho térmico somente quando os materiais são substituídos pelos do MI. As variações de desempenho térmico dos prédios da CDHU em relação à troca de materiais de construção também são menores que 5%.

Por estarem com as características construtivas originais, os sistemas de sombreamento da CECAP auxiliaram a estabilidade das sensações térmicas em relação a

algumas orientações e confirmou que a sua melhor orientação é a oposta de origem, de 169°.

No PLN, os sistemas construtivos na orientação 336° evidenciaram o melhor desempenho na sala, onde a exposição solar no período da tarde favorece uma melhor sensação térmica no ambiente. Apenas no dormitório 2 o frio fica mais acentuado nas 3 orientações. Na posição 66°, a sala apresenta um aumento térmico devido à exposição solar direta durante grande parte do dia.

Nos edifícios de apartamentos desenvolvidos pela CDHU e simulados com as suas características construtivas originais, foi constatado um desempenho térmico positivo com a troca de suas orientações. O sistema construtivo dos apartamentos possuem a mesma composição, porém obteve resultados diferentes em relação a orientação da fachada.

Como resultado comparativo entre as orientações, foi constatado que o ambiente onde houve maior alteração com as trocas realizadas foi no dormitório 2 de todos os apartamentos. Assim, o estudo também revelou que o azimute original pertencente ao Conjunto Habitacional Maria Rosa Nunes possui o melhor desempenho térmico nos dormitórios, por outro lado no Paulo Lúcio Nogueira isso ocorreu nas salas dos apartamentos.

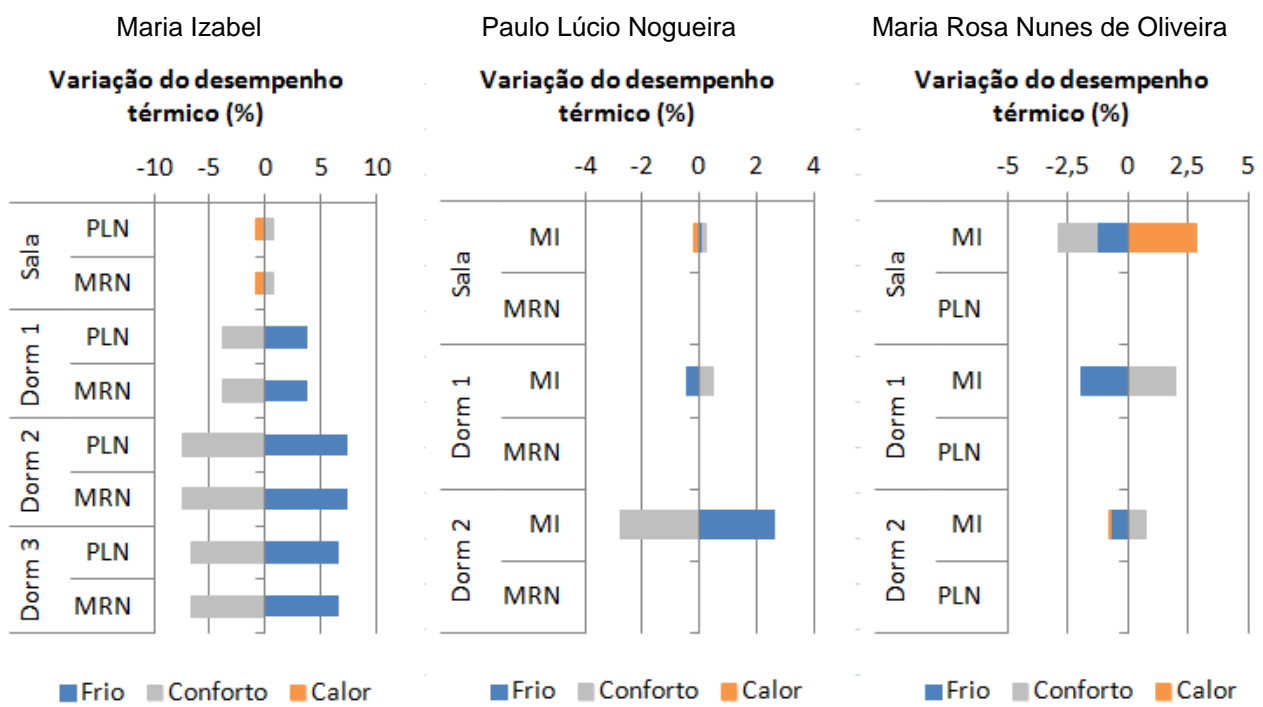
4.3- Comparação da variação em relação ao sistema construtivo

A CECAP Maria Izabel possui em sua composição materiais que se diferem dos edifícios desenvolvidos pela CDHU, como o uso do gesso nas divisórias dos ambientes e dos armários nas paredes de concreto, com as janelas que permitem uma ventilação maior no interior do apartamento. Portanto, foi realizado uma troca dos sistemas construtivos e suas orientações com os conjuntos habitacionais pertencentes a CDHU,

como mostra a Figura 33.

O desempenho térmico desses apartamentos quando compostos pelos armários pertencentes ao Maria Izabel revelam um declínio das horas em conforto nos dormitórios e o aumento das horas em desconforto por calor nas salas. As horas de desconforto por frio aumentam em todas as direções, à custa da redução das horas em conforto. Por possuir as paredes com as divisórias entre as zonas térmicas compostas por placas de gesso, a temperatura se manteve amena. Com isso, os sistemas construtivos pertencentes a CECAP provaram promover a maior influência do frio, independente da orientação dos conjuntos habitacionais, resultando em um aumento de horas de desconforto por calor apenas nas salas do Maria Rosa Nunes, onde as orientações são semelhantes.

Figura 33- Variação do desempenho térmico em função da permuta do sistema construtivo dos modelos



Fonte: Elaborado pela autora

A comparação entre os apartamentos mostrou que a variação do sistema construtivo da CECAP Maria Izabel resultou majoritariamente em aumento de desconforto

por frio com o declínio das horas de conforto. Com os materiais do Paulo Lúcio Nogueira, os apartamentos demonstraram pouca diferença no desempenho térmico, em contrapartida o Maria Rosa Nunes obteve os maiores valores referentes à melhora na qualidade térmica.

As zonas térmicas onde ocorreu o menor impacto em relação ao sistema construtivo foi a troca de materiais entre os apartamentos da CDHU e a CECAP Maria Izabel. Na orientação padrão, a maior influência ocorreu no dormitório 2 com o aumento das horas de desconforto por frio e a queda das horas em conforto, como mostra a Figura 40.

Os materiais de construção empregados no MI possuem mesma ordem de grandeza de transmitância térmica que os demais, mas capacidade térmica bem maior. Isso significa que, ao substituir seus materiais pelos dos prédios da CDHU (PLN e MRN), a inércia térmica dos dormitórios diminua e eles fiquem mais frios à noite. Os sistemas construtivos dos prédios da CDHU são os mesmos; assim, são registradas variações em seus desempenhos térmico somente quando os materiais são substituídos pelos do MI. As variações de desempenho térmico dos prédios da CDHU em relação à troca de materiais de construção também são menores que 5%.

4.4- Comparação em relação aos elementos de sombreamento da CECAP Maria Izabel

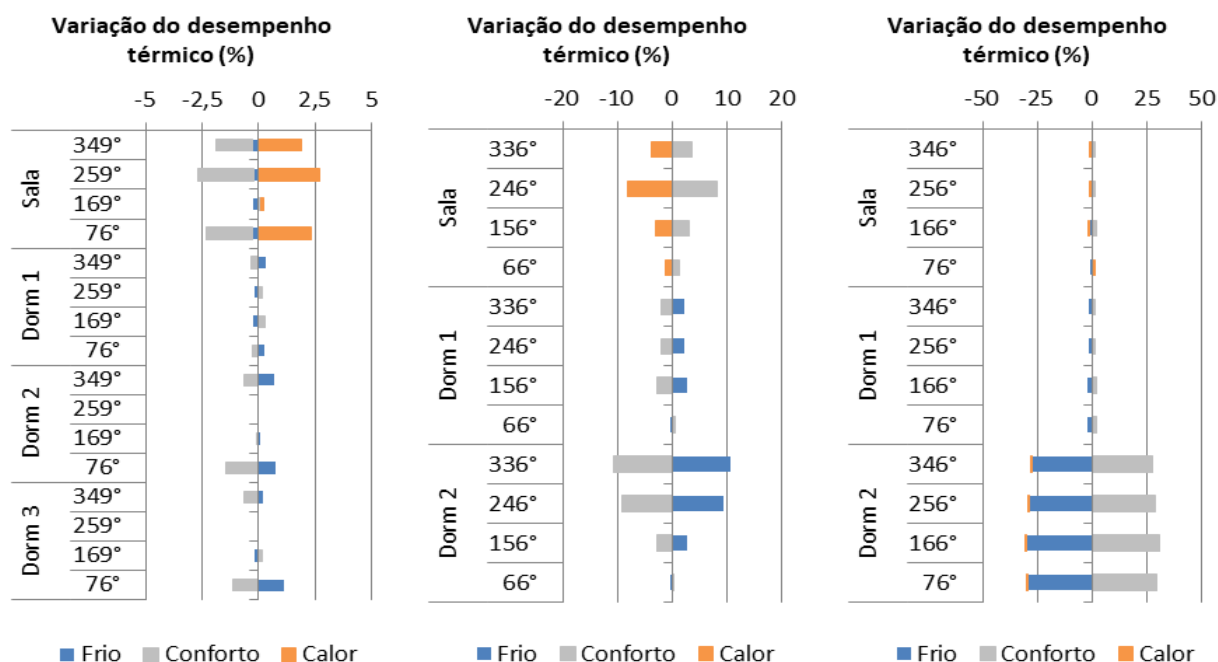
O sistema de sombreamento utilizado somente pelo apartamento desenvolvido pela CECAP demonstra sua influência em relação à proteção contra os raios solares no interior da habitação. A Figura 40 demonstra os resultados referentes ao desempenho térmico dos apartamentos em relação ao uso de brises.

Figura 34- Variação do desempenho térmico em função da permuta do sistema de sombreamento dos modelos

Maria Izabel
(sem sombreamento)

Paulo Lúcio Nogueira
(com sombreamento)

Maria Rosa Nunes de Oliveira
(com sombreamento)



Fonte: Elaborado pelos autores

Por já possuir os dispositivos de sombreamento, a CECAP Maria Izabel foi simulada sem esse sistema em diferentes orientações (Figura 41). A comparação entre os dados dos resultados ressaltaram a melhora na qualidade térmica nos dois conjuntos com os materiais pertencentes aos apartamentos desenvolvidos pela CDHU.

Na orientação da implantação original na CECAP Maria Izabel, os resultados da simulação apontaram grande impacto na exposição solar abrangendo mais a capacidade térmica na sala por receber uma maior exposição solar nas fachadas, em todas as orientações simuladas. Nos dormitórios, o desempenho em relação ao conforto obteve uma queda significativa, com o aumento das horas de desconforto por frio.

Sem o sistema de sombreamento original, o desempenho térmico da CECAP Maria Izabel é semelhante a simulação de comparação com as características construtivas de origem, comprovando que a maior influência pertence a composição construtiva.

O conjunto habitacional Paulo Lúcio Nogueira atingiu índices semelhantes a CECAP no desempenho térmico dos quartos, onde ocorreu o oposto na sala com a sensação de conforto predominante em todas as orientações.

No Maria Nunes de Oliveira, apesar dos índices não ultrapassarem de 1%, todos os ambientes de longa permanência simulados obtiveram melhora no desempenho térmico, com destaque para o dormitório 2.

4.5 - Síntese geral das análises de desempenho térmico

Com as análises de desempenho térmico, a importância das variáveis estudadas foram: elementos de sombreamento, sistema construtivo, orientações dos edifícios e os arranjos físicos.

Os arranjos físicos dos apartamentos tiveram um comportamento semelhante. Na sala da CECAP Maria Izabel houve uma elevação térmica por conta da exposição solar e das aberturas nas fachadas, onde o oposto foi constatado nos dormitórios, com uma baixa na temperatura por conta do aumento da ventilação das janelas da cozinha, sala e área de serviço e da ausência do aquecimento solar nas orientações simuladas.

Com isso, em relação ao sistema construtivo, a composição de materiais da CECAP Maria Izabel demonstrou proporcionar a mais baixa temperatura no interior desses apartamentos, os tornando majoritariamente frios independentemente da morfologia e das janelas. A melhor orientação desse conjunto habitacional foi a oposta à original, de 169°. Por já possuir os sistemas de sombreamento, a CECAP Maria Izabel foi simulada sem eles em todas as orientações provando que, mesmo nesse caso, a temperatura interna das habitações continuou sendo majoritariamente baixa.

A composição construtiva do Paulo Lúcio Nogueira não demonstrou influenciar de maneira significativa os conjuntos habitacionais. Na CECAP Maria Izabel, a

elevação térmica nas salas foi amenizada, mas os dormitórios permaneceram com a temperatura em queda. A melhor orientação provou ser a 66°, em relação as outras orientações. O arranjo físico obteve um comportamento oposto ao da CECAP, com a sala obtendo conforto em todas as orientações devido a posição da janela e a exposição solar. Contudo, a ventilação proveniente da sala e a pouca exposição solar do dormitório 2 promoveram uma baixa na temperatura.

O Maria Rosa Nunes de Oliveira obteve os melhores resultados em relação ao desempenho térmico e sua melhor orientação foi a 166°, com os sistemas de sombreamento pertencentes a CECAP. Os dormitórios demonstraram ser confortáveis em todas as simulações. O arranjo físico desse apartamento permitiu que esses cômodos obtivessem esses resultados por não existir ventilação direta com a cozinha e a sala como acontece com os outros conjuntos, não recebendo grande insidência solar. O Maria Rosa Nunes também demonstrou uma melhora gradativa nas horas em conforto com a utilização do sistema de sombreamento.

4.6- Considerações finais

Esta pesquisa analisou os conjuntos habitacionais de interesse social desenvolvidos em diferentes épocas. A revisão bibliográfica sobre o tema ressaltou que sistemas construtivos, arranjo físico, implantação e sistema de sombreamento inadequados podem interferir de maneira significativa no desempenho térmico de edificações desenvolvidas em grande escala.

Para o desenvolvimento do estudo de caso, a cidade de Marília foi escolhida e três modelos foram analisados. O método de análise foi a simulação computacional de três casos com permuta de suas características construtivas, cujos resultados de horas de conforto térmico e de desconforto por calor e por frio foram avaliados. Esse método de análise mostrou ser eficaz, alcançando o objetivo. Ao avaliar os materiais que compõem

os edifícios dos conjuntos habitacionais, foi comprovado que este exerce uma influência significativa no interior dos ambientes.

Inicialmente, cabe salientar que os modelos estudados apresentaram, em suas configurações originais, excelentes desempenhos térmicos, ou seja, os projetos estão bem adaptados à zona bioclimática 3, com altas frequências de tempo em conforto térmico. Apenas os dormitórios do MRN, que ficam orientados a SO e, em particular o dormitório 2, que tem outra face voltada para SE, ficam mais frios à noite. De forma análoga, a sala do PLN, com orientação SO, recebe o sol da tarde no verão, tornando-se mais aquecida.

Na CECAP Maria Izabel desenvolvida em 1976, suas características construtivas demonstraram promover majoritariamente o frio nas zonas térmicas simuladas com ou sem o sistema de sombreamento, porém a sua orientação original mostrou ser a mais adequada para a implantação.

A troca de materiais dos conjuntos habitacionais desenvolvidos pela CDHU, o Paulo Lúcio Nogueira de 1997 e o Maria Rosa Nunes de 2018, comprovou a diferença no desempenho térmico quando compostos pelo sistema construtivo do Maria Izabel, tornando-se igualmente frios, ocasionando o oposto na CECAP Maria Izabel. Os elementos de sombreamento impactaram positivamente os edifícios desenvolvidos pela CDHU, reduzindo as horas de desconforto e aumentando as em conforto.

Em relação as orientações dos conjuntos habitacionais, o azimute 166° do conjunto habitacional Maria Rosa Nunes obteve o melhor desempenho térmico entre as orientações simuladas, com o aumento de horas em conforto térmico em todos os ambientes. Isso ocorreu pela melhor posição do conjunto habitacional na implantação, comportamento do sistema construtivo em relação as variáveis construtivas e o resultados positivos referente ao sistema de sombreamento.

Os resultados da permutação dos sistemas construtivos mostraram que com as características construtivas pertencentes ao Maria Rosa Nunes de Oliveira, os conjuntos habitacionais obtiveram melhora em, pelo menos, uma zona térmica.

Os dispositivos de sombreamento se mostraram a variável mais influente no desempenho térmico dos conjuntos habitacionais. Com o sistema construtivo da CECAP Maria Izabel e os elementos de sombreamento, os apartamentos se mostraram frios. Com o sistemas construtivos do Paulo Lúcio Nogueira, uma melhor qualidade térmica foi identificada em todos os ambientes, contudo os melhores indicadores de melhora no desempenho térmico ocorreram com os materiais do Maria Rosa Nunes, onde a quantidade de horas em conforto aumentou em todas as zonas térmicas.

Como conclusão, foi identificado que a variável mais influente para o melhor desempenho dos três estudos de caso é a utilização dos elementos de sombreamento. Com as simulações, foi identificado que a CECAP Maria Izabel possui o melhor sistema de sombreamento, porém os sistemas construtivos da CDHU poderiam elevar os seus indicadores de conforto.

No Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes não houve grandes mudanças em relação ao sistema construtivo por serem semelhantes. Os indicadores considerados para essa pesquisa e os aspectos considerados para a avaliação do melhor desempenho comprovaram que para a CECAP Maria Izabel os sistemas construtivos pertencentes ao Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes aumentaria a quantidade de horas em conforto, enquanto para os conjuntos habitacionais pertencentes a CDHU, a utilização do sombreamento melhorou de maneira significativa o desempenho térmico.

4.7- Limitações

- As zonas térmicas adotadas para a avaliação se limitaram a sala e os dormitórios, não considerando os demais cômodos e atividades dos moradores.
- No conjunto habitacional Maria Rosa Nunes, os apartamentos possuem tipologias distintas, o que pode significar a imprecisão do modo como essas habitações se comportariam em comparação com as trocas realizadas nesse estudo.
- O estudo foi realizado em apenas uma localidade de uma única zona bioclimática; assim, ele poder ser interpretado como um piloto no qual se testou o método de permuta de atributos, mas seus resultados não são extrapoláveis.

4.8- Sugestões para pesquisas complementares

- Analisar o apartamento com todos os ambientes e suas cargas térmicas;
- Avaliar os conjuntos habitacionais de interesse social de forma mais abrangente, abordando as demais zonas bioclimáticas;

5- REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ASHRAE 55: **thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2010.

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ANSI/ASHRAE). ANSI/ASHRAE 55: **thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ANSI/ASHRAE, 2020. Disponível em: <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards>. Acesso em: 1 dez. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho - parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15220-3: **desempenho térmico de edificações. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

_____. NBR 15575: **edificações habitacionais: desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

AUGUSTO, Wilton F. C., **O Conjunto Habitacional CECAP Maria Izabel Marília: Uma análise comparativa com os CECAPS Guarulhos e Jundiaí**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2014.

BERLEZE, A. S.; BRASILEIRO, A. de B. H.; SILVOSO, M. M. **Multi-objective optimization of the geometry of single-family housing to improve thermal performance**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 41-65, abr./jun. 2021.

BONDUKI, Nabil. **Origens da Habitação Social no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

BRAGA, Marta NÉlia Alves. **ANÁLISE DO CONFORTO TERMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BAIRRO SUMARÉ, MUNICÍPIO DE SOBRAL, CEARÁ**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Construção Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2005). Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. **Sistema nacional de Habitação de Interesse Social**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm>. Acesso em: 11 fev. 2016.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ- R)**, Portaria n. 18. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. Disponível em:

<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

CASTAÑO, Hector Fabian Marin; CHVATAL, Karin Maria Soares. **Impacto de dispositivos de sombreamento externos e muro na ventilação natural e no desempenho térmico de uma habitação de interesse social térrea**. 2017. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-125132/> >.

CUNHA, Gabriel Rodrigues. **Uma análise da produção de Vilanova Artigas entre os anos de 1967 a 1976**. 2009. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

DE VECCHI, R.; SORGATO, M. J.; PACHECO, M.; CÂNDIDO, C.; LAMBERTS, R. ASHRAE 55 adaptive model application in hot and humid climates: the Brazilian case. **Architectural Science Review**, v. 58, n. 1, p. 93–101, 2 jan. 2015. <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.981145>.

DOERFLER, Marianna; KRUGER, Eduardo. Avaliação dos impactos termo-energéticos da orientação solar em Habitação de Interesse Social na zona bioclimática 01. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S.L.], p. 489-497, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.306>.

DORNELLES, K. A. **Absortancia solar de superfícies opacas : metodos de determinação e base de dados para tintas latex acrílica e PVA**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257698>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FERREIRA, Camila Carvalho; PEREIRA, Iraci. Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas. **Entac**, Juiz de Fora, v. 1, n. 24, p. 3590-3595, 29 out. 2012.

FERRANOR. Perfil serralheiro. São Paulo. Disponível em: www.ferranor.com.br. Acesso em: 3 maio 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243

GUGLIELMETTI, R.; MACUMBER, D.; LONG, N. OpenStudio: an open source integrated analysis platform. *In*: BUILDING SIMULATION 2011, 2011. **Proceedings** [...]. Sydney: IBPSA, 2011. p. 11.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro/RJ: 2014.

LAMBERTS, Roberto; BATISTA, Juliana Oliveira; WESTPHAL, Fernando Simon. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE COMPONENTES CONSTRUTIVOS UTILIZANDO O ENERGYPLUS. In: ENCAC-ENLAC, 1., 2005, Maceió. **ELACAC**. Maceió: Encac, 2005. p. 145-154.

LEME, Ricardo Carvalho. **Expansão territorial e preço do solo urbano na cidade de Bauru/SP (1975-1996)**. 1999. 12 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Unioeste, Paraná, 1999.

MEDEIROS, Lótos Dias. **Análise da Eficiência Térmica em Conjunto Habitacional: O estudo de caso Zezinho Magalhães Prado - CECAP**. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014.

MONTEIRO, Leonardo; ALUCCI, Marcia. Modelo adaptativo de conforto para avaliação in loco de espaços urbanos abertos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 61-79, 03 fev. 12.

MOREIRA, Vera Lúcia Barradas; PINA, Silvia Mikami Gonçalves. Mais do Mesmo? A Trajetória da Habitação Social no Brasil. In: PARANÓIA, 6., 2012, Brasília. **Congresso Pluris 2012**. São Carlos: Universidade de Brasília, 2012. p. 83 - 91.

MOURÃO, Paulo Fernando Cirino. In: ANAIS DO X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 1., 2005, Ourinhos. **DINÂMICA TERRITORIAL E PRODUÇÃO INDUSTRIAL NO OESTE PAULISTA**. Usp, 2005. p. 9900-9924.

NEGREIROS, Bianca; PEDRINI, Aldomar. PROPOSTA DE SAÍDA GRÁFICA PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO. **Encac**: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Búzios, p. 1-10, 17 ago. 2011.

NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de; SANTO, A. D.; PIDERIT, M. B. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 7-23, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

NICOL, J.Humphreys, M.A. (2002) Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings. Oxford Centre for Sustainable Development, School of Architecture, Oxford Brookes University, Oxford.

PROCELINFO. **Dicas de economia de energia**. 2006. Equipamentos. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>. Acesso em: 2 ago. 2021.

PROVENZANO, Thaís Lohmann. **Desenvolvimento de sistema construtivo em painéis pré-fabricados de argamassa e garrafas plásticas para habitação de interesse**

social. 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

RORIZ, M. Uma proposta de revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. São Carlos: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.

RUBIN, Graziela Rossatto; BOLFE, Sandra Ana. **O desenvolvimento da habitação social no Brasil**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - Ufsm, Santa Maria, v. 36, n. 2, p.201-213, 2 maio 2004. Disponível em: <<http://oaji.net/articles/2017/1602-1487076445.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

SACHT, Helenice Maria *et al.* Habitações térreas e multipavimentos de interesse social: avaliação de desempenho térmico para tipologias com vedações em alvenaria e em blocos cerâmicos e de concreto. **Parc**: pesquisa em arquitetura e construção, Campinas, v. 4, n. 1, p. 2-19, nov. 2009.

SILVEIRA, Francisco Massucci. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15575 e ASHRAE 55**. 2014. 240 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Unicamp, Campinas, 2014.

SOUSA, F. P.; SILVA, A. S. **Manual de introdução à simulação: um curso para iniciantes no software EnergyPlus**. Manual. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2021. Disponível em: [https://ppgees.ufms.br/files/2021/03/002-MANUAL de introducao a simulacao revisado-18.01.2021.pdf](https://ppgees.ufms.br/files/2021/03/002-MANUAL_de_introducao_a_simulacao_revisado-18.01.2021.pdf). Acesso em: 28 abr. 2021.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **EnergyPlus input output reference**. Version 9.5.0 Documentation. Washington, DC: DOE, 2021.

VEIGA, R. K.; ELI, L. G.; OLINGER, M. S.; MAZZAFERRO, L.; PEREIRA, H. A. da C.; MELO, A. P.; VERSAGE, R.; SORGATO, M.; LAMBERTS, R. **Manual de simulação computacional de edifícios naturalmente ventilados no programa EnergyPlus – versão 9.0.1**. Relatório Técnico. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2020.

6 - APÊNDICES

Tabela a1 - Controle de sombreamento das janelas

CECAP - Maria Izabel					
	Veneziana Dormitório 1	Veneziana Dormitório 2	Veneziana Dormitório 3	Cortina Roll Sala	Cortina Roll Coz-AS
W/m²	50	50	50	50	50
Controle de sombra	1	1	1	1	1
CDHU - Paulo Lúcio Nogueira e Maria Rosa Nunes					
	Veneziana Dormitório 1	Veneziana Dormitório 2	Cortina Roll Sala	Cortina Roll Coz-AS	
W/m²	50	50	50	50	
Controle de sombra	1	1	1	1	

Fonte: Veigas, et al. (2020)

Tabela a2 - Propriedades da entrada de ar entre as janelas e portas dos Conjuntos Habitacionais da CDHU

Medidas	FD pivotante
Frame Widht	0,065
Frame Outside Projection	0,018
Frame Inside Projection	0,003
Frame Conductance	7,623
Ratio of Frame-Edge Glass Condutance	1
Frame Solar Absortance	0,7
Frame Visible Absortance	0,7
Frame Thermal Hemispherical Emissivity	0,9
Divider Type	DividedLite
Divider Width	0,065
Number of Horizontal Dividers	0
Number of Vertical Dividers	1
Divider Outside Projection	0,018
Divider Inside Projection	0,003
Divider Conductance	7,623
Ratio of Frame-Edge Glass Condutance	1
Divider Solar Absorptance	0,7
Divider Solar Absorptance	0,7
Divider Thermal Hemispherical Emissivity	0,9
Outside Reveal Solar Absorptance	0,2
Inside Sill Depth	0,1
Inside Sill Solar bsorptance	0,2
Inside Reveal Depth	0,1
Inside Reveal Solar Absorptance	0,2

Fonte: Veigas, et al. (2020)