

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC

JÚLIA ELOISA DERLAN

**ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO ARQUITETÔNICA NA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA UTILIZANDO A INI-R: ESTUDO DE AMOSTRA
DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM JOINVILLE**

**JOINVILLE
2024**

JÚLIA ELOÍSA DERLAN

**ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO ARQUITETÔNICA NA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA UTILIZANDO A INI-R: ESTUDO DE AMOSTRA
DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM JOINVILLE**

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título de mestre em Engenharia Civil
do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil - PPGEC, da
Universidade do Estado de Santa
Catarina – Udesc.
Orientadora: Profª. Dra. Ana Mirthes
Hackenberg

JOINVILLE

2024

JÚLIA ELOISA DERLAN

**ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO ARQUITETÔNICA NA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA UTILIZANDO A INI-R: ESTUDO DE AMOSTRA
DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM JOINVILLE**

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
título de mestre em Engenharia Civil
do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil - PPGEC, da
Universidade do Estado de Santa
Catarina – Udesc.

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Mirthes
Hackenberg

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Ana Mirthes Hackenberg
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:

Prof. Dr. Americo Hiroyuki Hara
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Prof. Dr. Amilcar José Bogo
Universidade Regional de Blumenau – FURB

Joinville, 24 de maio de 2024.

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Derlan, Júlia Eloisa
ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO
ARQUITETÔNICA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
UTILIZANDO A INI-R : ESTUDO DE AMOSTRA DE
EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM JOINVILLE / Júlia
Eloisa Derlan. -- 2024.
142 p.

Orientadora: Ana Mirthes Hackenberg
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Joinville, 2024.

1. Eficiência energética. 2. Edificações residenciais
padronizadas. 3. Modelos representativos. 4. INI-R. I.
Hackenberg , Ana Mirthes . II. Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Dedico este trabalho a todos que me
apoaram nesta jornada. Obrigada!

*“Tudo que é bom de passar é ruim de contar.
E tudo que é ruim de passar é bom de contar”.*
(Ariano Suassuna).

RESUMO

As edificações residenciais padronizadas, representando uma abordagem industrializada na construção civil, têm sido frequentemente aplicadas para enfrentar o *déficit* habitacional, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Apesar da rápida disponibilidade de unidades habitacionais e da redução de custos e tempo construtivo, a eficiência energética dessas construções frequentemente é negligenciada. Desta forma, a análise através de métodos como da Instrução Normativa do Inmetro para Classificação da Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) torna-se uma ferramenta bastante útil para avaliar o desempenho energético e promover melhorias de projetos, buscando a manutenção de recursos a longo prazo, contribuindo assim para a construção de ambientes urbanos mais sustentáveis. Este trabalho avalia as edificações padronizadas utilizadas em Joinville/SC sob o ponto de vista de eficiência energética, aplicando a metodologia da INI-R em modelos representativos, que por sua vez foram definidos a partir da amostra de edificações residenciais multifamiliares submetidas ao Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) no município. A partir desta análise, são propostas melhorias de projeto e conclui-se que a edificação com melhor desempenho no comparativo de modelos representativos é aquela composta por paredes de bloco cerâmico estrutural.

Palavras-chave: Eficiência energética; Edificações residenciais padronizadas; Modelos representativos; INI-R.

ABSTRACT

Standardized residential buildings, representing an industrialized approach in civil construction, have often been applied to address the housing deficit, especially in developing countries like Brazil. Despite the rapid availability of housing units and the reduction in construction costs and time, the energy efficiency of these buildings is often neglected. Therefore, analysis through methods such as the Inmetro Normative Instruction for the Classification of Energy Efficiency of Residential Buildings (INI-R) becomes a very useful tool to assess energy performance and promote project improvements, aiming for long-term resource conservation, thus contributing to the construction of more sustainable urban environments. This study evaluates the standardized buildings used in Joinville/SC from the perspective of energy efficiency, applying the INI-R methodology to representative models, which were defined based on a sample of multifamily residential buildings subjected to the Neighborhood Impact Study (EIV) in the municipality. From this analysis, project improvements are proposed, and it is concluded that the building with the best performance in the comparison of representative models is the one composed of structural ceramic block walls.

Keywords: Energy efficiency; Standardized residential buildings; Representative models; INI-R.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Breve histórico das políticas de habitação no Brasil - 1964 a 2023.....	22
Figura 2 – Condomínio residencial com torres padronizadas em operação no bairro Costa e Silva	27
Figura 3 – Condomínio residencial com torres padronizadas em construção no bairro Paranaguamirim.	27
Figura 4 - Empreendimento com EIV de 15 torres residenciais iguais.	29
Figura 5 - Empreendimento com EIV e 7 torres residenciais iguais.	29
Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas mensais durante o ano de 2022 em Joinville.....	40
Figura 7 - Frequência dos ventos diários por direção - período 2016 a 2018.....	41
Figura 8 – Etapas da pesquisa.	48
Figura 9 - Localização dos projetos residenciais multifamiliares em processo de EIV entre 2018 e 2023 em Joinville.	49
Figura 10 - Localização dos projetos residenciais multifamiliares em processo de EIV que apresentam torres padronizadas - período de 2018 e 2023 em Joinville.....	51
Figura 11 – Resumo da coleta e definição das amostras.....	56
Figura 12 – Dendrograma de agrupamentos: edificações residenciais multifamiliares padronizadas.	60
Figura 13 – Modelo representativo – Grupo 1.....	65
Figura 14 – Modelo representativo – Grupo 2.....	66
Figura 15 – Apartamento tipo 1 – Grupo 1.....	66
Figura 16 – Apartamento tipo 2 – Grupo 1.....	67
Figura 17 – Apartamento tipo 1 – Grupo 2.....	67
Figura 18 – Apartamento tipo 2 – Grupo 2.....	68
Figura 19 – Nomenclatura dos tipos de UH.	70
Figura 20 – Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 1, dormitório 1, apartamento tipo 1.....	92
Figura 21 - Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 2, dormitório 1, apartamento tipo 1.....	96
Figura 22 - Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 1, dormitório 2, apartamento tipo 2.....	97
Figura 23 – Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 2, dormitório 2, apartamento tipo 2.....	100
Figura 24 – Ângulo vertical de sombreamento com uso de beiral de laje.....	104

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – <i>Boxplot</i> da área privativa dos apartamentos para amostra de 28 unidades habitacionais: identificação de <i>outliers</i>	52
Gráfico 2 - <i>Boxplot</i> da área privativa dos apartamentos para amostra de 26 unidades habitacionais, excluídos <i>outliers</i> superiores	53
Gráfico 3 - <i>Boxplot</i> da área privativa dos apartamentos para amostra de 22 unidades habitacionais, excluídos <i>outliers</i> superiores e inferiores.....	54
Gráfico 4 - CgTTUH do pavimento cobertura – bloco de concreto.	75
Gráfico 5 - CgTTUH do pavimento cobertura – bloco cerâmico.	75
Gráfico 6 - CgTTUH do pavimento cobertura – parede de concreto.....	76
Gráfico 7 - CgTTUH do pavimento tipo – parede de concreto.....	81
Gráfico 8 - CgTTUH do pavimento tipo – bloco de concreto.	82
Gráfico 9 – CgTTUH do pavimento tipo – bloco cerâmico.....	83
Gráfico 10 – CgTTUH do pavimento térreo – bloco de concreto.	88
Gráfico 11 – CgTTUH do pavimento térreo – bloco cerâmico.	89
Gráfico 12 – CgTTUH do pavimento térreo – parede de concreto.....	90
Gráfico 13 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – bloco de concreto.	111
Gráfico 14 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – bloco de concreto.....	112
Gráfico 15 - Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – bloco de concreto.	113
Gráfico 16 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – bloco de concreto	113
Gráfico 17 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – bloco cerâmico.	114
Gráfico 18 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – bloco cerâmico.....	115
Gráfico 19 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – bloco cerâmico.	116
Gráfico 20 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – bloco cerâmico.	116
Gráfico 21 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – parede de concreto.	117
Gráfico 22 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – parede de concreto.	118
Gráfico 23 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – parede de concreto.	119

Gráfico 24 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – parede de concreto.	119
25 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – cobertura.	124
Gráfico 26 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – pavimento tipo.	125
Gráfico 27 – Índice de redução de CgTTUH por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – pavimento térreo.	125
Gráfico 28 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas - modelo otimizado de bloco cerâmico – cobertura.	126
Gráfico 29 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas – modelo otimizado de bloco cerâmico – tipo.	127
Gráfico 30 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas – modelo otimizado de bloco cerâmico – térreo.	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento conforme NBR 15.575-4	44
Tabela 2 - Valores de referência para paredes externas leves e refletoras para transmitância térmica, atraso térmico e fator solar conforme NBR 15.220-3.....	46
Tabela 3 - Valores de referência para cobertura leve e isolada de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar conforme NBR 15.220-3.....	47
Tabela 4 - Variáveis e sua tipologia.	54
Tabela 5 – Limites para aplicação do método simplificado.	56
Tabela 6 – Dados de entrada para uso do metamodelo da INI-R.	59
Tabela 7 - Médias das variáveis das edificações teóricas representativas dos grupos 1 e 2.....	62
Tabela 8 - Maiores valores de CgTTUH por ambiente - pavimento cobertura.	76
Tabela 9 - Maiores valores de CgTTUH por ambiente - pavimento tipo.....	83
Tabela 10 - Maiores valores de CgTTUH - pavimento térreo.....	90
Tabela 11 – Aberturas para ventilação.....	92
Tabela 12 – Verificação do atendimento a NBR 15.220-3 pelas edificações representativas nas variáveis de atraso e transmitância térmica.	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades térmicas dos elementos para o modelo de referência.	58
Quadro 2 – Testes estatísticos e interpretação.	63
Quadro 3 – Composição das envoltórias.	68
Quadro 4 – Características das esquadrias.	69
Quadro 5 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – bloco de concreto.	71
Quadro 6 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – bloco cerâmico.	72
Quadro 7 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – parede de concreto.	73
Quadro 8 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – bloco de concreto.	77
Quadro 9 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – bloco cerâmico.	78
Quadro 10 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – parede de concreto.	80
Quadro 11 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento téreo – bloco de concreto.	84
Quadro 12 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento téreo – bloco cerâmico.	86
Quadro 13 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento téreo – parede de concreto.	87
Quadro 14 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – bloco de concreto.	94
Quadro 15 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – bloco cerâmico.	94
Quadro 16 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – parede de concreto.	95
Quadro 17 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – bloco de concreto.	98

Quadro 18 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – bloco cerâmico	98
Quadro 19 – Alteração de tipologia de vidro – AP2 oeste em bloco cerâmico ..	99
Quadro 20 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – parede de concreto.	100
Quadro 21 - Resumo dos valores de redução de CgTTUH e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Bloco de concreto.	101
Quadro 22 - Resumo dos valores de redução de CgTTUH e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Bloco cerâmico.	102
Quadro 23 - Resumo dos valores de redução de CgTTUH e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Parede de concreto.	102
Quadro 24 - Percentual de elementos transparentes.....	103
Quadro 25 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – bloco de concreto ..	105
Quadro 26 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – bloco cerâmico.	105
Quadro 27 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – parede de concreto.	106
Quadro 28 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização $\alpha=0,2$ em fachada oeste.	108
Quadro 29 – Tipologias de coberturas e características de suas composições.	109
Quadro 30 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de telha metálica com poliuretano em fachada oeste.	109
Quadro 31 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – cobertura.	121
Quadro 32 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – tipo.	122
Quadro 33 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – térreo.	123

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL.....	19
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	O DÉFICIT HABITACIONAL E AS POLÍTICAS DE HABITAÇÃO NO BRASIL.....	20
2.2	A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E O USO DA PADRONIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DO <i>DÉFICIT</i> HABITACIONAL.....	23
2.2.1	O EIV de projetos residenciais multifamiliares	28
2.3	O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÕES SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL	30
2.4	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO MODELOS REPRESENTATIVOS	36
2.5	CARACTERÍSTICAS E DADOS CLIMÁTICOS DE JOINVILLE	39
2.6	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA ZB5	42
2.6.1	Ventilação cruzada e aberturas médias para ventilação natural.....	42
2.6.2	Sombreamento das aberturas	44
2.6.3	Inércia térmica para aquecimento	45
2.6.4	Paredes externas leves e refletoras	45
2.6.5	Cobertura leve e isolada	46
3	METODOLOGIA	48
3.1	LEVANTAMENTO DA AMOSTRA DE EDIFICAÇÕES E INFORMAÇÕES DE PROJETOS	49
3.2	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE EDIFICAÇÕES POR ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	52
3.3	METODOLOGIA DA INI-R.....	56
4	RESULTADOS.....	60
4.1	REALIZAÇÃO DE TESTES ESTATÍSTICOS PARA AS VARIÁVEIS NUMÉRICAS E CATEGÓRICAS	60
4.2	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS PELO MÉTODO DA INI-R.....	70
4.2.1	Pavimento cobertura	71
4.2.2	Pavimento tipo.....	77
4.2.3	Pavimento térreo	84

4.3	VERIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA ZB5.....	91
4.3.1	Ventilação cruzada e aberturas médias para ventilação natural.....	91
4.3.2	Sombreamento das aberturas	102
4.3.3	Inércia térmica para aquecimento	106
4.3.4	Paredes externas leves e refletoras	107
4.3.5	Cobertura leve e isolada	107
4.3.5.1	<i>Resultados para cobertura de edificação em bloco de concreto</i>	<i>110</i>
4.3.5.2	<i>Resultados para cobertura em edificação em bloco cerâmico</i>	<i>113</i>
4.3.5.3	<i>Resultados para cobertura em edificação em parede de concreto.....</i>	<i>117</i>
4.4	PROPOSTA DE MODELO REPRESENTATIVO OTIMIZADO PARA APLICAÇÃO EM JOINVILLE	120
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	131
	REFERÊNCIAS.....	133
	APÊNDICES	138
	APÊNDICE A – PLANILHA DE DADOS DOS PROJETOS EM EIV JOINVILLE (2018-2023)	139
	APÊNDICE B – MODELO DE EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO GRUPO 1 ...	140
	APÊNDICE C – MODELO DE EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO GRUPO 2 ...	141
	APÊNDICE D – PROPOSTA DE MODELO REPRESENTATIVO PARA UTILIZAÇÃO EM JOINVILLE.....	142

1 INTRODUÇÃO

As edificações padronizadas surgem com a aplicação de processos industrializados na construção civil e são comumente utilizadas em produções e implantações de larga escala e número de unidades habitacionais. A padronização de edificações e a industrialização são conceitos interligados e apresentam crescimento e destaque na construção civil, devido a vantagens como eficiência no custo, redução de geração de resíduos sólidos e de tempo de construção em canteiro.

Por aplicar processos de repetição, os projetos padronizados são mais rápidos de construir e facilitam o controle de qualidade, uma vez que o mesmo método e materiais são aplicados e permitem avaliações de melhoria contínua. Esta abordagem inclui pré-fabricação de componentes como paredes, lajes, escadas e vigas, que são posteriormente transportadas para o local da obra e garantem um maior controle e precisão de dimensões na sua fabricação.

Devido a estas características, as edificações padronizadas residenciais tem sido bastante utilizadas no combate à falta de moradia para grande parte da população, sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil. Como há ganho de velocidade de execução, as unidades ficam disponíveis para utilização em menor tempo e apresentam custo final mais baixo para sua aquisição, além de contarem com incentivos de programas governamentais de habitação.

Apesar deste sistema construtivo apresentar diversas vantagens, ainda há poucos estudos e avaliações de pós-ocupação voltados ao conforto dos usuários e da eficiência energética destas edificações.

A eficiência energética em edificações é um assunto cada vez mais relevante, principalmente por motivos econômicos. Os edifícios consomem grande quantidade de energia, tanto para seu funcionamento quanto para manter o conforto térmico e luminoso dos ocupantes. Com isso, muitas vezes a energia é desperdiçada, devido à falta de uma análise aprofundada da construção e durante a sua operação.

Para a análise das edificações sob o ponto de vista de eficiência energética e conforto térmico, tem-se como base normativa nacional a NBR15220, que tem como objetivo a manutenção de conforto térmico dos ocupantes de uma edificação, minimizando a utilização de sistemas artificiais de

iluminação e climatização (ABNT, 2005). Essa normativa traz a divisão das zonas bioclimáticas brasileiras e recomenda as estratégias específicas de projeto e construção para otimização e conforto térmico e lumínico. As zonas bioclimáticas são definidas conforme características climáticas, temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento (ABNT, 2005).

Outra normativa brasileira de grande importância para edificações residenciais é a norma de desempenho, a NBR 15575, a qual divide-se em partes que tratam de cada sistema de construção e apresenta um conjunto de diretrizes e requisitos mínimos de desempenho para as habitações, desde aspectos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade durante toda vida útil da edificação (ABNT, 2021).

Além das normativas voltadas para os sistemas e construção, a Instrução Normativa do INMETRO (INI-R) apresenta ferramentas de avaliação sob o ponto de vista de eficiência energética e critérios de classificação das unidades habitacionais, podendo ser aplicada ainda na fase de projeto da edificação e proporcionar melhorias que impactem positivamente no uso e manutenção das construções.

A adoção de medidas para aumentar a eficiência energética pode trazer benefícios como a redução dos custos de energia e o aumento do conforto dos ocupantes. Além disso, governos e empresas estão cada vez mais interessados em promover a eficiência energética como forma de combater as mudanças climáticas e reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, tornando-se importante considerar a eficiência energética desde a fase de projeto e implementar soluções que permitam um uso mais inteligente e sustentável da energia.

É de fundamental importância a avaliação dessas edificações padronizadas residenciais com considerações de eficiência energética, desde a fase inicial do projeto, garantindo benefícios econômicos e ambientais a longo prazo e promovendo o bem-estar dos ocupantes, com intuito de contribuir para a construção de comunidades mais sustentáveis e resilientes à conservação de recursos.

Este trabalho apresenta o cenário de edificações padronizadas na cidade de Joinville e avalia os impactos dessa padronização na eficiência energética, propondo melhorias com base nas estratégias para zona bioclimática a qual está

inserida. Foram avaliadas as diretrizes normativas da NBR 15220 e NBR 15575 e posteriormente aplicada a metodologia da INI-R, obtendo-se assim as classificações das unidades habitacionais e resultados de carga térmica que permitiram a avaliação da amostra.

Tomou-se como fonte de dados os condomínios residenciais multifamiliares verticais que passam por processo de aprovação de Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV, por tratar-se de documentação de livre acesso, uma vez que estes estudos passam por audiências públicas. Ademais, os processos de EIV possuem informações bastante completas e projetos das edificações, o que permite a coleta de dados precisos e em quantidade adequada para aplicação no estudo proposto.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto da padronização arquitetônica de edificações residenciais multifamiliares na eficiência energética através da INI-R.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar modelos representativos das edificações residenciais padronizadas utilizadas em Joinville;
- Analisar as edificações quanto a sua eficiência energética aplicando a metodologia da INI-R;
- Propor melhorias nos modelos representativos com base nas estratégias bioclimáticas indicadas para ZB5.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DÉFICIT HABITACIONAL E AS POLÍTICAS DE HABITAÇÃO NO BRASIL

De acordo com dados da Fundação João Pinheiro, o *déficit* habitacional em Santa Catarina, no ano de 2019 era de 10,5% no cenário nacional, o que corresponde ao número de 150.793 habitações. Neste valor são incluídas as habitações precárias, coabitação e ônus excessivo com aluguel (FJP, 2020).

Em Florianópolis e regiões metropolitanas, o *déficit* habitacional era de 31.914 no mesmo ano, o que corresponde a 21,16% no quadro estadual (FJP, 2020). Para o ano de 2020, de acordo com informações do documento Joinville Cidade em Dados de 2021, o *déficit* habitacional na cidade correspondeu ao valor de 10.793 famílias (JOINVILLE, 2021).

Para incentivo à produção de imóveis residenciais, sobretudo aqueles voltados à média e baixa renda, as políticas nacionais implantadas desde a década de 60 contribuíram para o acesso à moradia de grande parte da população.

Em 1964 foi instituída a Lei nº 4380, que trata da correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social e criou o Banco Nacional da Habitação e o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo. Na referida lei, em seu artigo 1º, descreve a coordenação das ações dos órgãos públicos e orientações à iniciativa privada, no sentido de estimular a construção de habitações de interesse social e o financiamento da aquisição da casa própria, especialmente pelas classes da população de menor renda (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017).

As COHAB - Companhias de Habitação, foram instituídas em diversos estados e eram encarregadas de adquirir financiamentos, contratar construtoras e repassar às habitações à população de baixa renda a preço de custo. Esta, por sua vez, se comprometia com o pagamento do financiamento junto à COHAB.

Em 1975, as companhias passaram a financiar imóveis também para famílias com renda superior a cinco salários-mínimos. Neste período já se utilizavam os valores de FGTS como parte do investimento nos imóveis (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017).

Em 1986, o Banco Nacional da Habitação enfrentou dificuldades adicionais, como o reajuste de parcelas de financiamento acima dos reajustes salariais (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017), o que acabou gerando a extinção do BNH pela Lei nº 2291 de 21 de novembro de 1986 e a incorporação à Caixa Econômica Federal dos direitos e obrigações como sucessora do BNH (BRASIL, 1986).

No início dos anos 90, o Brasil ainda passava por problemas relacionados ao aumento de inflação, mas houve retomada das operações de financiamento imobiliário por meio do uso do FGTS. Durante o governo Collor, apesar da contratação de 860 mil unidades habitacionais, entre 1990 e 1991, o movimento se deu por interesses políticos e as metas de construção das unidades não foram alcançadas (NOAL, JANCZURA, 2011).

Entre 1992 e 1995, no governo de Itamar Franco, de acordo com as observações de Noal e Janczura (2011), houve um esforço para aprimorar a transparência e o envolvimento social nos programas, ao mesmo tempo em que se adotou uma abordagem mais rigorosa em relação à política habitacional.

Durante os mandatos de Fernando Henrique Cardoso, foram publicadas a Política Nacional de Habitação (1996) e a Política de Habitação: Ações do Governo Federal (1998) (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017). Neste período, notou-se que os programas não atingiram a população de baixa renda (inferior a dois salários-mínimos), sendo que o *déficit* habitacional, nesta categoria, teve crescimento de 40,82% (BONDUKI, 2008). Contudo, para famílias com renda superior a cinco salários-mínimos, o *déficit* reduziu em 26,5% (BONDUKI, 2008).

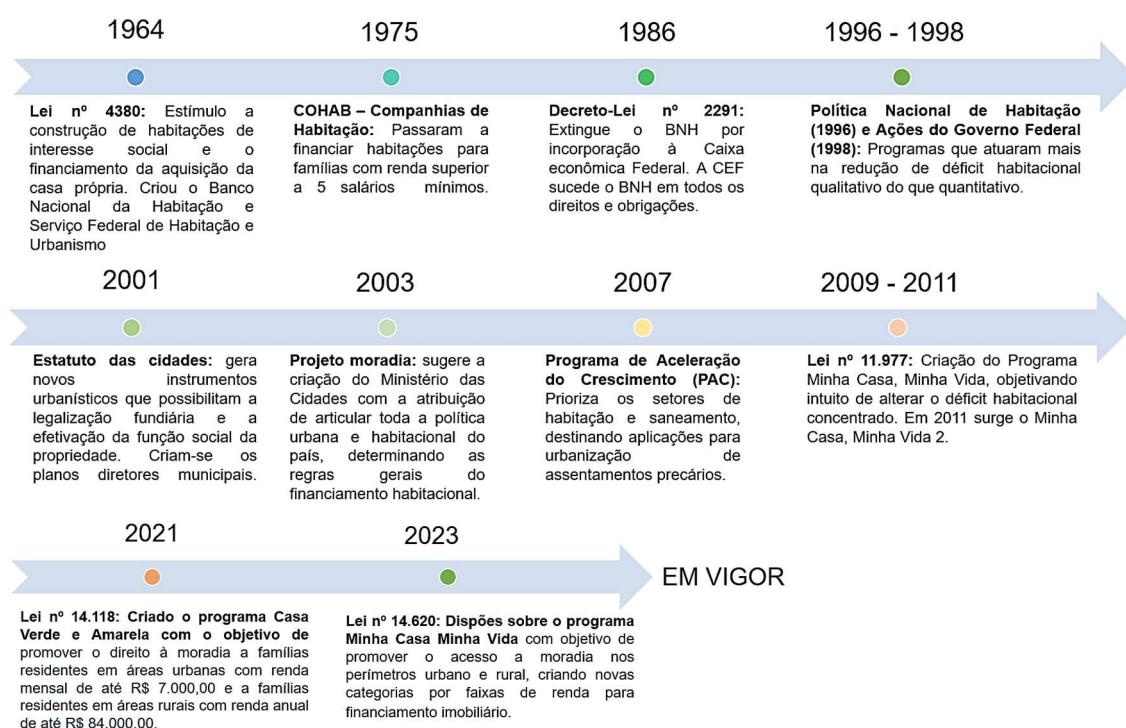
Em 2001, foi aprovada a Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001, criando o Estatuto da Cidade o que gerou novos instrumentos urbanísticos para legalização fundiária e a efetivação da fundação social da propriedade (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017). Dentro do Estatuto da Cidade, utilizam-se outros instrumentos para determinação de parcelamentos de solo, da edificação e utilização do solo urbano, como os Planos Diretores das cidades (BRASIL, 2001).

No ano de 2009, focando novamente na população de baixa renda, criou-se o programa Minha Casa, Minha vida, através da Lei nº 11.977, com o objetivo da redução do *déficit* habitacional, no qual a Caixa Econômica Federal mantém a concessão de financiamentos em faixas de renda mais baixas e o

comprometimento de até 30% da renda familiar bruta mensal (BRASIL, 2021). Na sequência, em 2011, foi criado o Minha Casa, Minha Vida 2, que incorporou o Banco do Brasil como agente de financiamento (ZAPELINI, LIMA, GUEDES, 2017).

Com a aprovação da Lei nº 14.118, de 12 de janeiro de 2021, foi instituído o Programa Casa Verde e Amarela, objetivando promover o acesso à moradia para famílias com renda até R\$7.000,00 em área urbana e para renda anual de R\$ 84.000,00 em áreas rurais (BRASIL, 2021). Em 2023, o principal programa habitacional do governo federal volta a ser chamado de Minha Casa Minha Vida, aprovado pela Lei 14.620, de 13 de julho de 2023, instituindo novas regras e faixas de financiamento, compreendendo diferentes parcelas da população no perímetro urbano e rural (BRASIL, 2023). A Figura 1 apresenta o resumo do breve histórico dos programas habitacionais acima descritos.

Figura 1 - Breve histórico das políticas de habitação no Brasil - 1964 a 2023.



Fonte: A autora (2023).

2.2 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E O USO DA PADRONIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES COMO ESTRATÉGIA PARA REDUÇÃO DO DÉFICIT HABITACIONAL

As habitações populares no Brasil surgiram como resposta à grande necessidade de moradia entre as famílias de baixa renda, incentivadas pela implementação de políticas públicas que impulsionaram o crescimento desse segmento de construção habitacional (MOTA *et al.*, 2015). Entretanto, a falta de planejamento e seleção dos materiais resulta na construção de habitações com baixa qualidade de construção, carentes de soluções adequadas para o conforto térmico e eficiência energética (MOTA *et al.*, 2015).

As decisões são, em grande parte, orientadas por preocupações financeiras, o que frequentemente leva à insatisfação por parte dos moradores. Observa-se que os programas de habitação de interesse social são implementados em todo o país de forma uniforme, sem levar em conta as particularidades regionais, especialmente as relacionadas ao clima (MOTA *et al.*, 2015).

As habitações de interesse social são aquelas definidas pela Lei nº 11.124 de 16 de junho de 2005, acessíveis à população de menor renda, sendo uma moradia digna, sustentável e em terreno urbanizado (BRASIL, 2005). A referida lei descreve diretrizes para aplicação de planos do Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SNHIS, das quais destaca-se o trecho do Art. 4º, que descreve o incentivo à pesquisa, incorporação de desenvolvimento tecnológico e de formas alternativas de produção habitacional (BRASIL, 2005).

Para Imai e Fabricio (2019), a solução mais frequentemente adotada para projetos de habitação de interesse social é a padronização, devido a racionalidade construtiva e redução de custos pela replicabilidade de uma só solução de projeto. A concepção do projeto fica focada no maior aproveitamento e na viabilidade financeira para as construtoras e induz-se a minimização das dimensões e espaços da edificação (IMAI, FABRICIO, 2019).

Dada essa padronização nos projetos arquitetônicos e nas especificações de materiais, os erros de planejamento são amplificados em larga escala. Os projetos deveriam, idealmente, considerar as vastas diferenças socioeconômicas, culturais, climáticas e tecnológicas entre as diversas regiões

do Brasil. Isso resultaria em habitações mais eficazes em múltiplos aspectos, incluindo eficiência energética (MOTA *et al.*, 2015).

A padronização é uma premissa que se origina em grande parte da conveniência de adotar um modelo de produção que seja vantajoso para o agente produtor (construtora), para o agente financiador (banco) e para o poder público, que apoia e promove a construção de habitações em larga escala. A população atendida, neste caso, é classificada apenas pela sua renda mais baixa e, apesar da sua diversidade, é considerada homogênea devido a esta característica (IMAI, FABRICIO, 2019).

Com a utilização de padronização, a industrialização da construção através da produção de elementos pré-fabricados, torna-se uma estratégia para o aumento de produtividade de edificações. Kedir e Hall (2021), analisaram as estratégias para aumentar a eficiência dos recursos na construção de moradias industrializadas, através de uma revisão sistemática da literatura, onde foram levantados dados de estudos realizados em diferentes países.

As estratégias elencadas incluem: a adoção de tecnologias digitais para otimizar processos e gerenciar recursos com maior eficácia; a criação de padrões e diretrizes de projetos, materiais e métodos de construção; o aprimoramento dos processos de fabricação dos componentes da construção; o uso de estratégias mais eficazes para minimizar o desperdício de tempo de transporte e logística de materiais e componentes; as tomadas de decisões desde o início do projeto para garantir a eficiência de recursos em todas as fases do ciclo de vida da construção; e a consideração de fatores sociais e humanos (KEDIR, HALL, 2021). Essas estratégias visam melhorar a eficiência de recursos na construção de habitações industrializadas e minimizar o impacto ambiental, econômico e social associado a esses projetos (KEDIR, HALL, 2021).

Os pesquisadores Attouri *et al.* (2022), realizaram um estudo na França que consistiu na análise da industrialização na construção, onde o levantamento de informações se deu através de entrevistas com profissionais da construção, aplicação de questionários e da revisão da literatura. Os resultados destacaram, entre os benefícios do uso de técnicas de industrialização, o aumento da produtividade, a redução do tempo de construção em canteiro, a melhoria da qualidade dos elementos construtivos, a diminuição do impacto ambiental

negativo e a abertura para o desenvolvimento de novos métodos construtivos, como a modularização e a automação (ATTOURI *et al.*, 2022).

Com base nos resultados do estudo francês, os autores definem a industrialização da construção como um método construtivo organizado de forma repetível, padronizada e sistematizada, utilizando pré-fabricação, robotização, automação, digitalização e melhoria contínua, permitindo construir estruturas únicas com elementos padronizados, melhorando a qualidade e a produtividade e reduzindo custos (ATTOURI *et al.*, 2022).

Na China, as construções de edifícios residenciais industrializados são fortemente apoiados pela política do país, pois este sistema construtivo é visto como alternativa para enfrentar o *déficit* de moradias, devido ao crescimento populacional e da escassez de mão de obra, devido ao envelhecimento da população (ZHANG *et al.*, 2023). O estudo de Zhang *et al.* (2023), desenvolveu um sistema de grade modular, com intuito de padronizar o projeto para aplicação em edificações residenciais industrializadas. Os pesquisadores identificaram a lacuna da padronização no sistema e propuseram um sistema construtivo padronizado para otimizar o projeto dos elementos construtivos e gerenciar suas dimensões e posições, objetivando maior sustentabilidade e redução de prazos (ZHANG *et al.*, 2023).

Nos Estados Unidos, os métodos de pré-fabricação e modularização são amplamente utilizados, objetivando a redução de impactos ambientais e consumo de energia, sendo que mais de 80% dos empreiteiros utilizam abordagens de construção industrializada, o que representa uma grande parcela e potencial de crescimento no mercado americano (López-Guerrero *et al.*, 2022).

No Brasil, a pesquisa de De Barba Junior, Gomes e Lacerda (2015), analisou a sustentabilidade, sob diferentes aspectos, de três grandes empresas construtoras do país, que utilizam diferentes sistemas construtivos industrializados para edificações de interesse social. A construtora “W” adaptou o sistema construtivo *wood frame* para as condições brasileiras, sendo este homologado pelo Ministério das Cidades e aplicado em mais de 300 casas financiadas, em sua maior parte, pelo programa Minha Casa Minha Vida (DE BARBA JUNIOR, GOMES, LACERDA, 2015). A construtora “P” faz uso do sistema construtivo de concreto/PVC, atendendo as normas brasileiras e as regras da Caixa Econômica Federal, podendo também financiar pelo mesmo

programa (DE BARBA JUNIOR, GOMES, LACERDA, 2015). A construtora “S” utiliza o sistema de *steel frame*, que da mesma forma atende aos requisitos que as construtoras citadas anteriormente (DE BARBA JUNIOR, GOMES, LACERDA, 2015).

Os autores, analisando os critérios de sustentabilidade nas esferas econômica, ambiental e social, concluem que ainda havia oportunidades de melhoria econômica das companhias, sob o ponto de vista logístico, ou seja, com a utilização de materiais de fornecedores mais próximos; redução de resíduos de construção, com a reutilização de materiais em canteiro de obras; melhoria do processo de produção, que impacta na redução de uso de água em canteiro, dentre outros de cunho ambiental (DE BARBA JUNIOR, GOMES, LACERDA, 2015). Sob o ponto de vista social, o aprimoramento de mão de obra e qualificação profissional das equipes para inserção no mercado de trabalho (DE BARBA JUNIOR, GOMES, LACERDA, 2015).

Sob o ponto de vista social e humano, a participação ativa dos usuários em definições de projeto de edificações residenciais pode facilitar uma maior conexão com o ambiente projetado, abrangendo não apenas aspectos práticos, mas também questões emocionais e subjetivas, podendo trazer valiosas contribuições na concepção do projeto (IMAI, FABRICIO, 2019).

Na cidade de Joinville, é possível identificar diversos condomínios residenciais já implantados que utilizam edificações padronizadas e em diferentes bairros, mostrando que, não somente edificações de padrão mais popular utilizam desta técnica. As figuras 2 e 3 apresentam fotos de condomínios em operação e construção que possuem edificações padronizadas na cidade.

Figura 2 – Condomínio residencial com torres padronizadas em operação no bairro Costa e Silva



Fonte: A autora (2024).

Figura 3 – Condomínio residencial com torres padronizadas em construção no bairro Paranaguamirim.



Fonte: Rottas (2024).

2.2.1 O EIV de projetos residenciais multifamiliares

Para alguns casos de aprovação de projeto legal no município de Joinville é exigido que se apresente o Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV. Trata-se de um instrumento técnico utilizado para avaliar os impactos que um determinado empreendimento ou atividade pode gerar na vizinhança e no seu entorno, sendo regulamentado pela Lei Complementar nº 336/2011, que estabelece as diretrizes e critérios para sua elaboração e aprovação. Para edificações residenciais, este documento é exigido para implantações com 177 (cento e setenta e sete) unidades habitacionais ou mais, ou com área total edificável igual ou superior a 12.500m² (doze mil e quinhentos metros quadrados) (JOINVILLE, 2011).

O objetivo do EIV é garantir que os empreendimentos e atividades sejam realizados de forma adequada, minimizando seus impactos negativos na vizinhança e no meio ambiente, promovendo o desenvolvimento sustentável da cidade (JOINVILLE, 2011).

Os documentos de todos os processos de EIV são públicos e encontram-se disponíveis no *site* na prefeitura para consulta. Além disso, os processos passam por audiência pública e diversos setores de análise, demandando meses ou até anos para sua finalização, a depender da complexidade do empreendimento (JOINVILLE, 2011).

Para os casos dos condomínios residenciais, como geralmente as implantações em que se exige o documento de EIV são de larga escala, notam-se diversos casos de padronizações de torres, replicadas em um mesmo terreno ou em empreendimentos distintos.

As Figura 4 e Figura 5 apresentam exemplos de condomínios residenciais multifamiliares com replicabilidade de torres padronizadas, as quais tiveram as informações coletadas dos processos de estudo de impacto publicados em Joinville.

Com a utilização de torres padronizadas, diversos processos da construção são feitos em escala industrial, demandando aumento da qualidade construtiva, auxiliando na redução do tempo de execução de obra e da geração

de resíduos sólidos, justificativas as quais são indicadas nos estudos como medidas mitigadoras do setor.

Figura 4 - Empreendimento com EIV de 15 torres residenciais iguais.



Fonte: Rottas (2021).

Figura 5 - Empreendimento com EIV e 7 torres residenciais iguais.



Fonte: MRV (2020).

Como parte integrante do EIV é analisado o perfil de consumo de energia do empreendimento, a capacidade da rede de distribuição para o seu atendimento e identificados os horários de pico de consumo. Com isso, muitos projetos já consideram a adoção de sistemas mais eficientes de iluminação,

equipamentos do condomínio e produção de energia local, como a instalação de placas solares, por exemplo.

2.3 O CENÁRIO DE REGULAMENTAÇÕES SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL

As normas voltadas para a eficiência energética são elaboradas e projetadas para auxiliar na redução do consumo de energia, aumentando a eficiência energética dos produtos, equipamentos e edifícios. Para o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao desempenho energético e conforto térmico de edificações, tem-se as referências de normativas internacionais e nacionais.

Na Europa, a Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios estabelece requisitos mínimos de eficiência energética para novas construções e para edifícios existentes que passam por reformas, incentivando a adoção de certificações que permitem avaliar o desempenho energético e identificar áreas de melhoria. Em março deste ano (2023), foi apresentada a proposta de revisão desta diretiva pelos países pertencentes à União Europeia, que propõe metas de redução significativas de consumo de energia e emissão de gases de efeito estufa até 2030 e tornar os edifícios climaticamente neutros até 2050 (UE, 2023).

Outra iniciativa da UE foi o programa *Horizon 2020*, que financiava projetos de pesquisa e inovação em eficiência energética e sustentabilidade nas edificações, incluindo também uma iniciativa chamada *Smart Cities and Communities*, que visava promover o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Este programa foi substituído pelo *Horizon Europe*, que irá atuar até 2027 e com orçamento de 95,5 milhões de euros voltados ao desenvolvimento sustentável, ‘competitividade e crescimento dos países aliados (EC, 2020).

A norma europeia EN 15.251/2012 - *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, traz as especificações de parâmetros ambientais internos que impactam no desempenho energético dos edifícios. Esta norma é aplicável a edificações unifamiliares, multifamiliares, escritórios, escolas, hospitais, hotéis, instalações

desportivas e serviços, ou seja, naquelas em que os critérios de ambiente interno são definidos pela ocupação humana e onde não há uma produção que tenha grande impacto no seu ambiente interno, como, por exemplo, em uma indústria (CEN, 2012).

Borrallo-Jiménez *et al.* (2022) apresentam um comparativo entre dois programas europeus: o *Passive House Standard* e *Nearly Zero Energy Buildings*, e compararam com o código de construção da Espanha, uma vez que o país possui clima mais quente em comparação com outras regiões da Europa. O *Passive House Standard* é focado em reduções drásticas de consumo de energia com a aplicação de isolamentos térmicos, janelas de alta performance, ventilação controlada com recuperação de calor e eliminação de pontes térmicas (BORRALLO-JIMÉNEZ, *et al.*, 2022).

As *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB) são edificações que apresentam um balanço energético próximo de zero, alcançado através de altos níveis de eficiência energética combinados com a geração de energia no local a partir de fontes renováveis. Os NZEBs buscam minimizar a necessidade de energia da rede elétrica e maximizar o uso de energia renovável, contribuindo significativamente para a sustentabilidade e a redução das emissões de carbono (BORRALLO-JIMÉNEZ, *et al.*, 2022).

Nos Estados Unidos, o programa *Energy Star* da Agência de Proteção Ambiental, certifica edifícios comerciais e industriais que atendem a critérios de eficiência energética. Outra iniciativa importante é o programa Green Building Certification Institute (GBCI), que oferece certificações em construções sustentáveis, incluindo a certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). A certificação LEED é reconhecida em todo o mundo e incentiva a adoção de práticas de construção sustentável, incluindo a eficiência energética (EPA, 2023).

A ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 - *Thermal environmental conditions for human occupancy*, é uma norma americana que trata da especificação de combinações de fatores ambientais térmicos e características pessoais de usuários, que produzem as condições térmicas ambientais aceitáveis para a maioria dos ocupantes de um espaço ou edificação (ANSI, 2017).

No Canadá, o governo federal lançou o Programa de Eficiência Energética para Edificações em 2017, que oferece incentivos financeiros para a adoção de

medidas de eficiência energética em edificações comerciais, industriais e institucionais em todo o país. O programa oferece financiamento para a realização de auditorias energéticas e para a implementação de medidas de eficiência energética, como a instalação de sistemas de iluminação e climatização eficientes e a melhoria da eficiência energética da envoltória da edificação (CANADA, 2023).

No Brasil, as primeiras discussões acerca da eficiência energética e sistemas de classificação e etiquetagem surgiram na década de 80. O objetivo dos programas criados era de contribuição ao uso racional de energia elétrica. Em 1984, o Governo Federal criou o programa brasileiro de etiquetagem, conduzido pelo INMETRO e objetivava informar os consumidores sobre a eficiência de equipamentos elétricos (PBE, 2023).

Em 2001, foi publicada a Lei 10.295 – Lei da Eficiência Energética, onde foi instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, responsável pela regulamentação de níveis mínimos de eficiência energética para equipamentos e pela promoção da eficiência energética nas edificações (PBE, 2023).

Em 2003 surgiu o Procel Edifica, conduzido pela Eletrobras/Procel e com objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. No ano de 2009, deu-se continuidade ao PBE voltando-se então para as edificações, no qual buscava-se informar os consumidores sobre a deficiência das edificações e influenciar na decisão de compra (PBE, 2023).

De 2010 a 2012, foram criados o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o Regulamento técnico da Qualidade para edificações residenciais, o RTQ-R. Também gerenciados pela Eletrobras e com objetivo de difundir informações sobre iluminação e equipamentos elétricos e eletrodomésticos eficientes (PBE, 2023). O RTQ-R é um documento que apresenta os métodos e requisitos técnicos para classificação e etiquetagem das edificações. O pré-requisito geral do sistema de etiquetagem previsto pelo RTQ-R, é a medição individualizada de energia e água. A partir da pontuação obtida é atribuída uma classificação à edificação, podendo ser A, quando atingido o nível de maior eficiência até E, menor eficiência (PBE, 2023).

Recentemente foi publicada a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R), que especifica os critérios e os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à sua eficiência energética em substituição ao RTQ-R (PBE, 2023).

Um dos programas nacionais de certificação voltado para sustentabilidade é o Selo Azul da Caixa, concedido pela Caixa Econômica Federal para empreendimentos habitacionais que atendem a critérios rigorosos de eficiência energética, sustentabilidade ambiental e responsabilidade social. O objetivo do Selo Azul é incentivar a adoção de práticas construtivas sustentáveis, promovendo a economia de recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida dos moradores (CEF, 2024).

O Selo AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental) é uma certificação de sustentabilidade desenvolvida pela Fundação Vanzolini em parceria com a francesa *Certivéa*. Esse selo avalia e certifica o empreendimento com base em critérios de sustentabilidade ambiental, eficiência energética e qualidade de vida. O Selo AQUA adapta os critérios internacionais às particularidades climáticas, culturais e econômicas do Brasil, promovendo construções que sejam ao mesmo tempo sustentáveis e adequadas ao contexto local (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014).

Em termos de Norma Brasileira, a principal voltada ao desempenho termoenergético de edificações é a NBR 15.220, que se divide em cinco partes e traz especificações quanto ao cálculo e critérios de medição de resistência, transmitância e condutividade térmica dos componentes da edificação, informações e orientações sobre o zoneamento bioclimático do país e diretrizes construtivas para habitações de interesse social (ABNT, 2005).

A NBR15.575/2021 - Edificações habitacionais – Desempenho - estabelece critérios mínimos exigidos de desempenho das edificações, dentre eles o térmico e lumínico. Referente às instalações elétricas, estas devem privilegiar a adoção de soluções que minimizem o consumo de energia, utilizando-se da iluminação e ventilação natural e de sistema de aquecimento baseados em energia alternativa. Entre os requisitos estabelecidos pela norma, está a necessidade de que os edifícios tenham um isolamento térmico adequado, com materiais de qualidade e que evitem a perda de calor no inverno e o ganho

excessivo de calor no verão. Além disso, que os edifícios tenham sistemas eficientes de climatização e ventilação, que permitam o controle da temperatura e umidade internas sem a necessidade de um consumo excessivo de energia (ABNT, 2021).

A NBR 16.401 – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários, estabelece os parâmetros básicos e requisitos mínimos de projeto para os sistemas de ar-condicionado. Esta norma também descreve como deve ser calculada a carga térmica da edificação, considerando sua envoltória, orientação de fachada e as fontes de calor, desde pessoas, equipamentos, motores e iluminação (ABNT, 2008).

Se por um lado há evolução nos programas e incentivos ao desenvolvimento de soluções energeticamente eficientes, o consumo de energia elétrica ainda está num cenário desfavorável do ponto de vista ambiental. Em escala global, o consumo tem crescido significativamente nas últimas décadas, impulsionado pelo aumento da população mundial e pelo desenvolvimento econômico. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), este consumo aumentou cerca de 4% em 2021 em relação ao ano anterior. As edificações correspondem a 30% deste total, onde 20% são destinados ao seu resfriamento. Em regiões de climas mais quentes, a parcela destinada ao resfriamento corresponde ao maior consumo e estima-se que irá triplicar até o ano de 2050 (ALNUAIMI; NATARAJAN; KERSHAW, 2022).

A nível nacional e seguindo a tendência mundial, o consumo de energia elétrica no Brasil também vem aumentando, impulsionado não somente pelo crescimento econômico, como pela expansão do acesso à energia elétrica. Conforme dados do Ministério de Minas e Energia (2022), o setor industrial continua sendo o maior consumidor de energia elétrica, seguido pelo setor residencial (EPE, 2021).

De acordo com os dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021, ano base 2020, o consumo energético para classe residencial correspondeu a 31,2% no cenário nacional, apresentando crescimento de 3,8% em relação ao ano anterior (2019) e totalizando 148.173 GWh. Para a região Sul, a qual representa 18,5% do consumo de energia elétrica no país, 5% destes são para fins residenciais, ficando abaixo somente do setor industrial. O Plano Nacional de Energia 2030, apresenta o panorama de consumo energético residencial por

tipologia de utilização, separados em: aquecimento de água (25%), iluminação (21%), condicionamento ambiental (3%), refrigeração (34%) e outros usos (17%). Em relação a produção de energia no país, em 2021 foram gerados 656 *Terawatt-hora*, com 5,6% de crescimento entre 2020 e 2021. A geração hidrelétrica reduziu sua participação na matriz energética nacional, de 63,8% em 2020 para 55,3% em 2021 e houve aumento na geração a partir de derivados de petróleo e gás natural. Este fato impactou diretamente no acréscimo de emissões de gases de efeito estufa, chegando a 45% de aumento (EPE, 2021).

Em Santa Catarina, as regiões com maior adensamento populacional, como Joinville, vale do Itajaí e grande Florianópolis, são as maiores consumidoras. Dados das Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC, no município de Joinville, indicam um crescimento de 35,46% no número de unidades consumidoras residenciais no período de 2011 a 2021, registrando 217.482 U.C. no mês de dezembro de 2021 (CELESC, 2022).

Em face a este crescimento e no entendimento da Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, a qual afirma em seu Art. 4º: “O Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País”, faz-se cada vez mais necessário o estudo e emprego de soluções mais eficientes nas edificações (BRASIL, 2001).

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), é possível racionalizar o uso de energia em um edifício reduzindo-se o consumo para iluminação, condicionamento de ar e por aquecimento de água, onde, no processo de concepção arquitetônica, consideram-se as seguintes ideias básicas: utilizar sistemas naturais de condicionamento e iluminação, sistemas artificiais mais inteligentes e buscar a integração entre natural e artificial (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

O desempenho termo energético das edificações residenciais é influenciado por diferentes fatores, incluindo as próprias condições do clima local, as características arquitetônicas, as propriedades termo físicas de sua envoltória, a orientação de fachadas, os equipamentos e sistema de iluminação, ventilação e condicionamento artificial, a existência de dispositivos de sombreamento e o comportamento dos usuários (SORGATO, 2015).

A falta de análise de eficiência energética nas edificações é um problema ainda bastante comum na construção civil, onde muitas edificações são projetadas e construídas sem considerar aspectos fundamentais para a redução do consumo de energia. Em sua maioria, objetiva-se o aproveitamento máximo do potencial construtivo dos terrenos, sem atentar-se aos custos de operação destas edificações ao longo de todo seu ciclo de vida, mesmo para aqueles empreendimentos que passam por licenciamento ambiental. Como resultado, essas edificações consomem mais energia do que o necessário, aumentando os custos para seus moradores e contribuindo para o desperdício de recursos naturais. A adoção de medidas que conseguem melhorar a eficiência energética do edifício, pode trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais, reduzindo os custos com energia elétrica, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa e melhorando o conforto e a qualidade de vida dos usuários das edificações.

2.4 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO MODELOS REPRESENTATIVOS

A avaliação de cenários com medidas de conservação de energia no estoque edificado pode ser realizada utilizando tanto edificações reais quanto projetos representativos (DASCALAKI, *et al.*, 2011). A importância de estabelecer projetos representativos é destacada quando se trata de avaliar medidas de eficiência energética, permitindo extrapolar os resultados para o setor de edificações (LAMBERTS *et al.*, 2020).

A determinação de modelos representativos desempenha um papel fundamental ao servir como um ponto de partida na análise da eficiência energética, simplificando os dados iniciais necessários para realizar simulações termo energéticas, o que possibilita a avaliação de diversos parâmetros construtivos e estratégias bioclimáticas e pode fornecer orientações para o desenvolvimento e melhoria de diretrizes construtivas e normas (TONDO, 2017).

Na procura por modelos representativos, uma abordagem viável envolve a aplicação da análise de *clusters*, que consiste em agrupar objetos com base em suas características e proximidades, visando classificar os objetos de forma que sejam similares dentro de cada agrupamento. Dessa maneira, os *clusters* devem exibir coesão interna, ou seja, os membros do mesmo cluster são semelhantes,

e separação externa, significando que os *clusters* são distintos uns dos outros (HAIR *et al.*, 2009).

Em termos gerais, a análise de agrupamento ou *cluster* envolve categorização, onde divide-se um grupo de observações em grupos menores nos quais as observações dentro de cada um deles tenha similaridade e as observações em diferentes grupos sejam dissimilares (LATTIN *et al.*, 2011).

Para Aaker *et al.* (2001), a análise de agrupamento compreende as seguintes etapas: (1) seleção da amostra de dados a serem agrupados; (2) definição do conjunto de variáveis a partir das quais serão obtidas as informações para os agrupamentos; (3) definição da medida de semelhança ou distância entre os dados da amostra; (4) escolha de um algoritmo de classificação; (5) validação dos agrupamentos encontrados.

Inicialmente identifica-se a existência de *outliers* na amostra de dados, que se caracterizam em objetos atípicos, diferenciando-se da maioria dos casos da amostra e podendo influenciar nos resultados da análise (ROSA, 2014). Na análise de agrupamento todas as variáveis são utilizadas para determinação da similaridade entre os objetos, portanto, é necessário que se faça a utilização de técnicas multivariadas no processo (ROSA, 2014). As técnicas multivariadas são úteis para o entendimento de como diferentes variáveis estão relacionadas entre si e explorar padrões que não seriam detectáveis em uma análise univariada (ALBUQUERQUE, 2005).

Uma vantagem da utilização do agrupamento hierárquico é a representação do resultado de maneira gráfica, através do dendrograma. Esta representação é utilizada para visualizar a estrutura de agrupamento de dados, composta por uma árvore diagramática que ilustra a maneira como as amostras estão agrupadas com base em suas semelhanças ou dissimilaridades (EVERITT, *et al.*, 2001).

Segundo Rosa (2014), outra observação quanto a natureza dos dados são as diferentes unidades de medidas de cada um, que podem impactar nos resultados de maneira que uma variável exerce maior influência do que outra. Para que isso não ocorra, faz-se necessário a normalização dos dados, utilizando-se, por exemplo o cálculo dos *z-scores*, onde cada variável é definida por um conjunto de dados com média igual a zero e desvio padrão igual a um,

garantindo que a dispersão dos dados dentro de cada variável não influencie nos resultados. Os valores dos *z-scores* são definidos pela Equação 1.

$$Zxi = \frac{(xi - \bar{x})}{s} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Zxi é o valor padronizado de x ;

\bar{x} é a média dos valores de determinada variável;

s é o desvio padrão dos valores de determinada variável.

Para iniciar o processo hierárquico define-se a medida de similaridade, neste caso, aplicando-se a distância euclidiana quadrada conforme Equação 2. A distância euclidiana é definida pela soma dos quadrados das diferenças de cada par de variáveis combinadas (ALBUQUERQUE, 2005).

$$dAB = \sum_{i=1}^p (xi_A - xi_B)^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

dAB é a distância euclidiana quadrada do objeto A ao objeto B;

xi_A é o valor de A para cada variável;

xi_B é o valor de B para cada variável.

Para avaliar se há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias dos grupos formados, pode ser aplicado o teste *t* de *Student*, no qual calcula-se a diferença entre as médias das duas amostras em relação à variabilidade dentro das amostras (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). A hipótese nula (H_0) afirma que não há diferença significativa entre as médias, enquanto a hipótese alternativa (H_1) sugere que há uma diferença significativa (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Com base no valor da estatística *t* e no grau de liberdade associado, pode-se calcular um *p*-valor que indica a probabilidade de observar uma diferença tão grande (ou maior) entre as amostras, se a hipótese nula fosse verdadeira (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Se o valor-*p* for menor que um nível de significância previamente escolhido, geralmente 0,05, pode-se rejeitar a hipótese

nula em favor da hipótese alternativa, concluindo que as médias são estatisticamente diferentes (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Para as variáveis categóricas pode-se aplicar o teste *qui-quadrado* ou *qui-quadrado de Pearson*, que é uma técnica estatística usada para avaliar a relação entre duas variáveis categóricas em um conjunto de dados (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). Este teste é frequentemente usado para determinar se há uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis, ou seja, se elas são independentes ou dependentes, onde a hipótese nula (H_0) afirma que não há associação entre as duas variáveis categóricas, ou seja, elas são independentes, enquanto a hipótese alternativa (H_1) afirma que há uma associação significativa entre as duas variáveis categóricas, ou seja, elas são dependentes (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

2.5 CARACTERÍSTICAS E DADOS CLIMÁTICOS DE JOINVILLE

Conforme definição da NBR 15.220 - 3, a zona bioclimática é uma região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. A normativa apresenta o mapa do zoneamento bioclimático brasileiro, no qual o município de Joinville não está claramente representado e não faz parte da lista de cidades classificadas para cada zona bioclimática, entretanto, diversas pesquisas e trabalhos acadêmicos classificam o município em zona bioclimática 5. Para ZB5, indica-se para o verão prever ventilações cruzadas na edificação e com sombreamento das aberturas. Para o inverno, são indicadas vedações internas pesadas, trazendo maior inércia térmica (ANBT, 2005).

O clima da região de Joinville é classificado como úmido a superúmido, com curtos períodos de estiagem e mesotérmico, ou seja, não possui estação seca. Em relação ao regime de ventos no município, a maior frequência apresenta-se na direção leste (26,5%) e nordeste (16,4%), sendo a velocidade média de 10km/h (JOINVILLE, 2022).

A umidade relativa anual média do município de Joinville é de 76,04%, registrado no ano de 2022. As temperaturas máximas e mínimas mensais registradas neste mesmo ano são apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas mensais durante o ano de 2022 em Joinville.

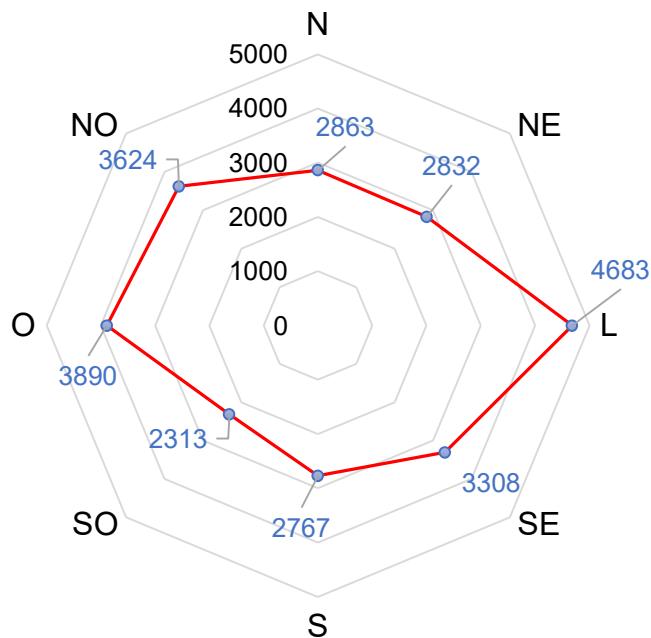


Fonte: JOINVILLE (2023).

Atualmente, Joinville conta apenas com a estação meteorológica automática pertencente a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) e localizada no Aeroporto Lauro Carneiro de Loyola. Estes dados são considerados com boa acurácia, devido a automatização do sistema e a importância dos dados para aviação, contando com medições a cada minuto de variáveis como temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de ponto de orvalho, velocidade e direção do vento (GRUMBERG, 2014). Estes dados não são disponibilizados gratuitamente pela INFRAERO, contudo, há registros disponíveis em climate.onebuilding.org desta estação de alguns períodos.

Pelos dados disponíveis para Joinville na plataforma, inicialmente foi identificado que não há uma continuidade de informações de algumas variáveis, a exemplo da continuidade de leituras em períodos de anos sequenciais. Para direções dos ventos, foi possível organizar os dados do período de 3 anos, de 2016 a 2018, com medições horárias para cada dia do ano de referência. Com estes dados foi possível elaborar o diagrama de direções dos ventos apresentado na Figura 7. Pelo diagrama pode-se notar a predominância dos ventos a leste. Para este mesmo conjunto de dados, foi possível calcular a média de velocidade dos ventos em 6,56km/h, um pouco abaixo do valor apresentado no documento Joinville Cidade em Dados.

Figura 7 - Frequência dos ventos diários por direção - período 2016 a 2018.



Fonte: Adaptado de climate.onebuilding.org (2022).

Obter dados climáticos precisos da localidade específica que se deseja avaliar é fundamental para realizar um estudo sobre o desempenho térmico e energético de edificações. Infelizmente, as informações meteorológicas disponíveis no Brasil são limitadas a um número reduzido de cidades e, mesmo quando fornecidas, muitas vezes são incompletas e sua precisão é questionável (GRUNBERG, 2014).

Perante a dificuldade de obtenção de dados confiáveis e contínuos, a NBR 15.575-1 (ABNT, 2021) indica a utilização de dados climáticos que sejam representativos do clima onde a unidade habitacional está inserida, de cidade mais próxima e ponderando sua latitude, longitude e altitude. Neste sentido, é possível utilizar os dados da cidade de Itapoá, de mesma zona bioclimática (ZB5), a qual possui uma estação meteorológica automática sob responsabilidade do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Cechinel (2017), compara dados de temperatura de Joinville e Itapoá, analisando suas médias e medianas e conclui que há similaridade entre estes dados. Descreve, entretanto, que há diferença no regime de ventos das cidades, em direção e velocidade, sendo a maior intensidade de ventos em Itapoá nas direções leste e nordeste e em Joinville de sul e sudeste.

2.6 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA ZB5

As estratégias bioclimáticas para a cidade em estudo seguem as diretrizes descritas pela NBR 15.220 (ABNT, 2005) para a zona na qual está inserida, sendo: utilização de ventilação natural cruzada e aberturas médias para ventilação natural, sombreamento de aberturas, inércia térmica para aquecimento, utilização de paredes externas leves e refletoras e coberturas leves e isoladas.

A utilização de sombreamento de aberturas em edifícios auxilia na redução da radiação solar direta nos ambientes, evitando assim o aumento da temperatura interna e em consequência a redução do consumo de energia para resfriamento. Esta estratégia é bastante utilizada no país, uma vez que o Brasil apresenta clima quente na maior parte das suas regiões. Hu *et al* (2023), analisam estudos do período de 2000 a 2021, com 30 estratégias passivas aplicadas as edificações em regiões de climas quentes. Os autores concluem que há evidências de aplicação de estratégias passivas de baixo custo para redução de carga de resfriamento, redução de temperatura interna, aumento do conforto térmico e consequente economia de energia.

De acordo com a pesquisa de Grunberg (2014), o clima de Joinville é bastante diverso e com estações do ano bem definidas. Embora a carta bioclimática mostre uma taxa de conforto razoável ao longo do ano, ela varia bastante, sendo o verão a estação mais desconfortável. De maio a outubro, as taxas de conforto são mais elevadas e o uso de condicionamento mecânico de ar é necessário em apenas 6,77% dos períodos do ano, o que significa que a maior parte do tempo é possível utilizar estratégias passivas para melhorar o conforto térmico das edificações na cidade.

2.6.1 Ventilação cruzada e aberturas médias para ventilação natural

A ventilação natural tem importante papel no projeto de edificações, uma vez que pode proporcionar o aumento do conforto térmico dos usuários, a melhora da qualidade do ar interno e a economia de recursos em substituição ao condicionamento mecânico. Faz-se necessário, portanto, o planejamento do

local que favorece os ventos predominantes e aumenta o fluxo de ar dentro do edifício. (BODACH, HAMHABER, 2010).

Lamberts, Dutra e Pereira (2014), afirmam que em regiões de clima quente e úmido, a ventilação natural pode ser utilizada como estratégia eficiente para resfriamento, garantindo que a temperatura interna e externa estejam equilibradas. Contudo, deve ser aplicada até o limite de 32°C, uma vez que valores superiores fazem com que o ambiente tenha ganhos térmicos indesejáveis, sendo interessante a aplicação de esquadrias que permitam o controle do fluxo de ar.

A NBR 15.575-4 (2021) descreve que os ambientes de permanência prolongada devem atender as legislações específicas da cidade e, no caso da ausência destas, recomenda seguir o cálculo:

$$Pv, APP = 100 \times \frac{(Av, APP)}{(Ap, APP)} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Pv é o percentual de abertura para ventilação do APP, (em %);

Av, APP é a área efetiva de abertura para ventilação do APP, (em m²);

Ap, APP é a área de piso do APP, (em m²).

Sendo que, para ZB5, indica-se Pv, APP ≥ 7,0% da área de piso.

No código de obras de Joinville, Lei nº 667/1964, traz em seu capítulo II – Iluminação e Ventilação, no Art. 84, que a área total da superfície das aberturas para o exterior da edificação não poderá ser inferior a um quinto (1/5) da superfície do piso em dormitórios e um sexto (1/6) da superfície do piso nas sala de estar, cozinha e banheiros (JOINVILLE, 1964). Portanto, os valores de aberturas exigido no código de obras é superior ao da norma de desempenho.

A ventilação cruzada em uma edificação é um método de ventilação natural que utiliza correntes de ar para permitir o fluxo entre o ambiente interno e externo, exigindo duas aberturas em paredes distintas, podendo ser opostas ou adjacentes, além do conhecimento do regime de ventos locais (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014).

2.6.2 Sombreamento das aberturas

A estratégia de sombreamento de aberturas de uma edificação tem importante função em regiões de climas quentes, sendo indicada sua utilização sempre que a temperatura do ar for superior a 20°C. Os elementos de sombreamento podem ser instalados externamente a edificação, com a utilização de beirais, brises, toldos, marquises, uso de vegetação, entre outros. Ou internamente, com a utilização de persianas, venezianas ou cortinas, que permitem o controle da insolação nas aberturas (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2014).

A insolação direta nas aberturas aumenta o ganho térmico do ambiente, o que pode ocasionar desconforto dos usuários em estações quentes e a consequente necessidade de condicionamento artificial. Goulart (2004) afirma que o emprego de sombreamentos adequados em áreas envidraçadas tem impacto mais significativo do que a redução das dimensões das aberturas.

De acordo com a NBR 15.575-4 (2021), para os ambientes de permanência prolongada, nas zonas bioclimáticas de 3 a 8, é permitido percentual de abertura de elementos transparentes superior a 20%, quando utilizados vidros de alto desempenho ou elementos de sombreamento horizontais. Quando existente o sombreamento horizontal, o limite percentual de elementos transparentes é definido conforme tabela apresentada a seguir.

Tabela 1 - Percentual de elementos transparentes em função do ângulo vertical de sombreamento conforme NBR 15.575-4.

Ângulo vertical de sombreamento – AVS (°)	Percentual de elementos transparentes - Pt, APP (%)	
	Fachadas Leste e Oeste	Fachada Norte
30	22	24
35	23	27
40	25	29
45	27	33

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

2.6.3 Inércia térmica para aquecimento

Para o município em estudo, a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) indica a utilização de vedações internas pesadas. A inércia térmica pode ser definida como a propriedade do material de manter sua temperatura estável quando exposto a fontes de calor. A forma mais simples de se utilizar inércia térmica para aquecimento em uma edificação é a utilização de fechamentos opacos espessos e a redução da área de aberturas, sendo estas orientadas para o sol, onde acumula-se calor nas paredes durante o dia e a noite devolve-o ao ambiente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A utilização de energia para manter temperaturas internas de um ambiente confortáveis, depende também da capacidade de armazenamento térmico dos materiais em contato com o ar externo. O armazenamento passivo de energia através de alta inércia térmica altera o padrão de consumo de energia, podendo trazer benefícios significativos (KARLSSON; WADSO; OBERG, 2013).

Grumberg (2014) avalia edificações localizadas em Joinville e destaca as estratégias passivas recomendadas pela norma brasileira para minimizar o desconforto causado pelo calor, mas alerta que essas mesmas estratégias podem ter efeito negativo em dias frios. A autora ainda ressalta que o tipo de cobertura tem maior impacto no desempenho térmico do edifício do que o aumento da inércia térmica das paredes.

2.6.4 Paredes externas leves e refletoras

De acordo com a NBR 15.220-3, as paredes externas consideradas leves e refletoras devem possuir os valores de referência apresentados na Tabela 2.

Em contrapartida, o estudo de Ferreira, Souza e Assis (2016), conclui que para zona bioclimática em que este estudo está inserido (ZB5), as paredes com maior inércia térmica foram consideradas mais apropriadas, sugerindo a revisão dos valores de atraso térmico estabelecidos pela norma brasileira. Os autores ainda apontam a necessidade de revisão do método de avaliação prescritivo da norma de desempenho, que tem como base principal a transmitância térmica da envoltória da edificação, sendo fundamental considerar a capacidade térmica

das superfícies e as estratégias de ventilação natural e sombreamento. Destacam, ainda, que os valores adotados de transmitância térmica se mostram elevados na norma, enquanto os de capacidade térmica de paredes são baixos.

Tabela 2 - Valores de referência para paredes externas leves e refletoras para transmitância térmica, atraso térmico e fator solar conforme NBR 15.220-3.

Transmitância térmica – U [W/m ² . K]	Atraso térmico - ϕ [h]	Fator solar - FS _o [%]
U ≤ 3,60	$\phi \leq 4,30$	FS _o ≤ 4,00

Fonte: Adaptado de NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).

A refletância de uma superfície pode ser definida como a fração de radiação que não é absorvida. A parte da radiação absorvida aumenta o ganho de energia térmica no material, podendo ter sua taxa por área calculada com os valores conhecidos de sua absorção (α) (INCROPERA; *et al*, 2007).

A NBR 15.575 - 4 - Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (ABNT, 2021), indica os valores de absorção e transmitância térmica de paredes externas, respectivamente de $\alpha_{par} \leq 0,6$ para $U_{par} \leq 3,7 \text{ W/ (m}^2\text{.K)}$ e $\alpha_{par} > 0,6$ para $U_{par} \leq 2,5 \text{ W/ (m}^2\text{.K)}$. A norma ainda descreve que as unidades habitacionais com ambientes de permanência prolongada em que forem adotados valores superiores aos indicados, devem ser avaliados por meio de procedimento de simulação computacional.

A NBR 15.220-2 (ABNT, 2005) traz valores de absorção para cores que variam de 0,2 para cor branca a 0,97 para cor preta.

2.6.5 Cobertura leve e isolada

A norma NBR 15.220 (ABNT, 2005) estabelece as diretrizes para o desempenho térmico de edificações e indica que a cobertura deve ser projetada de forma a minimizar as trocas de calor entre o interior e o exterior da construção.

Para projetar uma cobertura leve e isolada em conformidade com a normativa deve-se levar em consideração fatores como a orientação da edificação em relação ao sol, a inclinação da cobertura, o tipo de material utilizado e a espessura do isolamento térmico. Os valores de referência dos

parâmetros térmicos para a tipologia de cobertura indicada a zona bioclimática 5, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de referência para cobertura leve e isolada de transmitância térmica, atraso térmico e fator solar conforme NBR 15.220-3.

Transmitância térmica – U [W/m ² . K]	Atraso térmico - φ [h]	Fator solar - FSo [%]
$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,30$	$FSo \leq 6,50$

Fonte: Adaptado de NBR 15.220-3 (ABNT, 2005).

A cobertura isolada é aquela que possui uma camada de isolamento térmico, que ajuda a reduzir a transferência de calor entre o interior e o exterior da edificação.

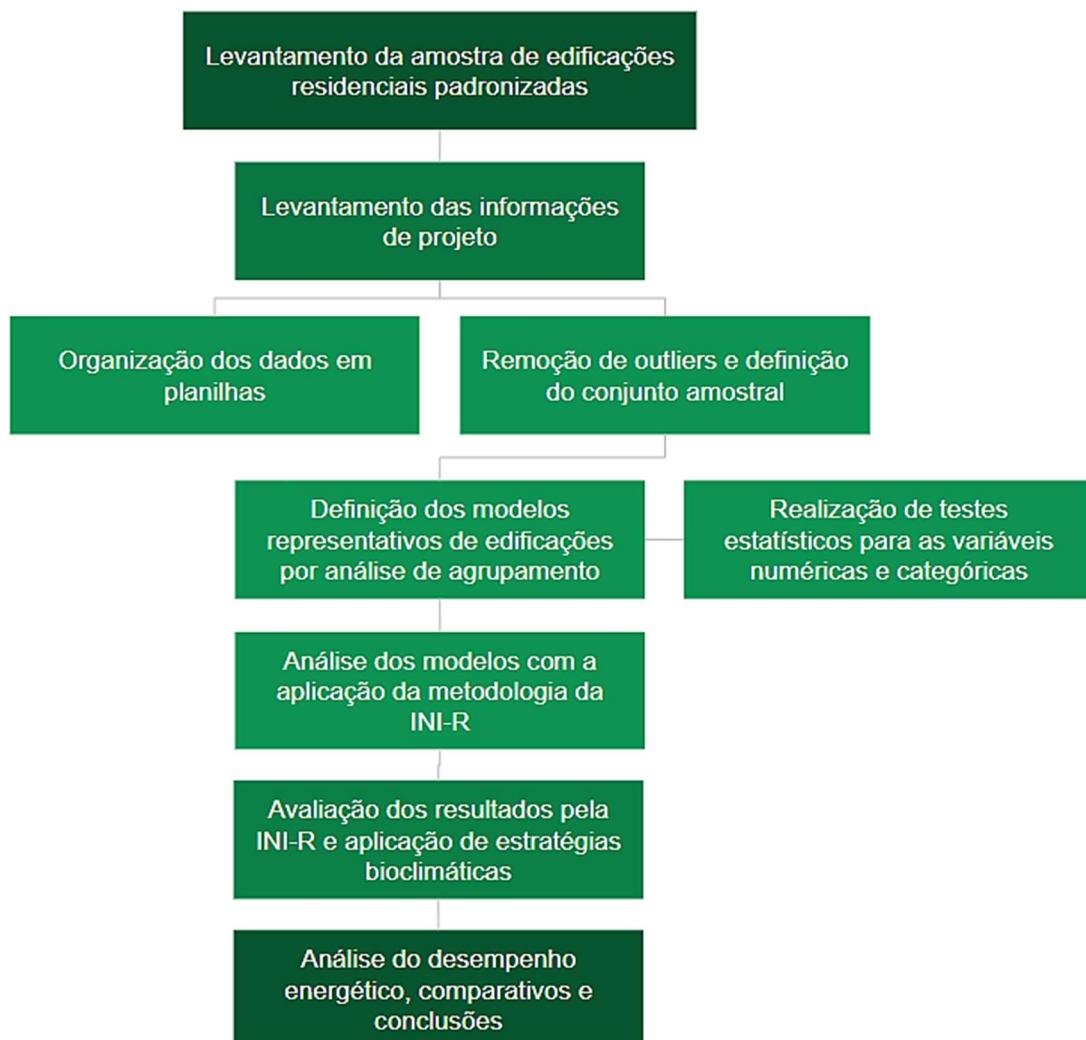
Segundo Bogo (2016), o valor do parâmetro de transmitância térmica para cobertura leve e isolada previsto em norma é elevado, pois utilizando-se isolamento térmico do tipo radiativo (lâmina de alumínio) ou do tipo resistivo (lã de vidro) este valor reduz a cerca de 1,18 a 0,62 W/m².K. Alguns dos materiais mais utilizados como isolantes térmicos são a lã de vidro, a lã de rocha e o poliestireno expandido.

3 METODOLOGIA

Para definir modelos teóricos representativos das edificações padronizadas construídas no município de Joinville, analisou-se as características construtivas que permitam melhorar o desempenho energético da edificação, tendo em vista a zona bioclimática em questão. Para levantamento amostral das edificações, foram consultados os documentos de Estudo de Impacto de Vizinhança – EIV, de acesso público, de maneira geral exigido para implantações de grande escala e número de unidades habitacionais.

Para definição dos modelos de edificação e posterior análise sob o ponto de vista da eficiência energética, a pesquisa divide-se nas etapas apresentadas na Figura 8.

Figura 8 – Etapas da pesquisa.



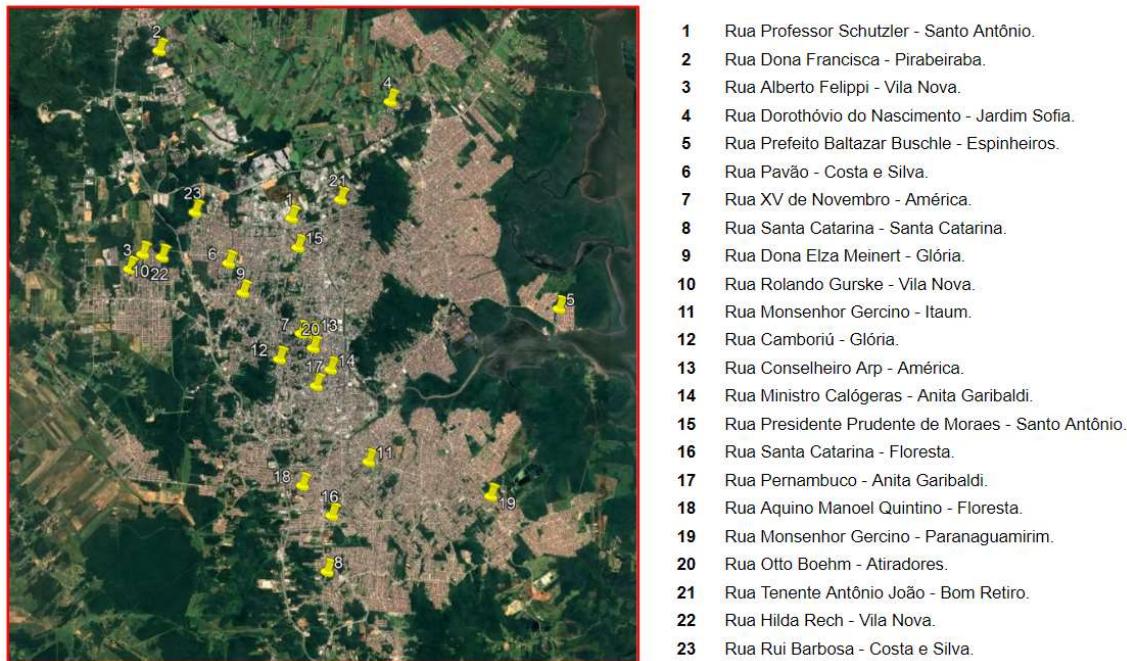
Fonte: A autora (2024).

3.1 LEVANTAMENTO DA AMOSTRA DE EDIFICAÇÕES E INFORMAÇÕES DE PROJETOS

Para determinação da amostra de dados representativa para a cidade de Joinville, foram levantadas as informações contidas em processos de Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) em Joinville para edificações residenciais multifamiliares, os quais possuem publicações de acesso livre e passam por audiência pública. Ressalta-se, portanto, que a utilização do EIV foi apenas para coleta de dados de uma fonte confiável e pública.

O período de dados considerado neste levantamento foi de janeiro de 2018 a março 2023, considerando a data de primeiro protocolo do processo. Inicialmente foram levantados todos os estudos de edificações residenciais no período citado, contendo condomínios com torres padronizadas ou não, para verificação da representatividade das amostras padronizadas em relação ao número total de processos de aprovação. A Figura 9 apresenta a localização dos empreendimentos levantados conforme descrito anteriormente.

Figura 9 - Localização dos projetos residenciais multifamiliares em processo de EIV entre 2018 e 2023 em Joinville.



Fonte: A autora adaptado de Google Earth (2023).

As informações coletadas nestes processos foram:

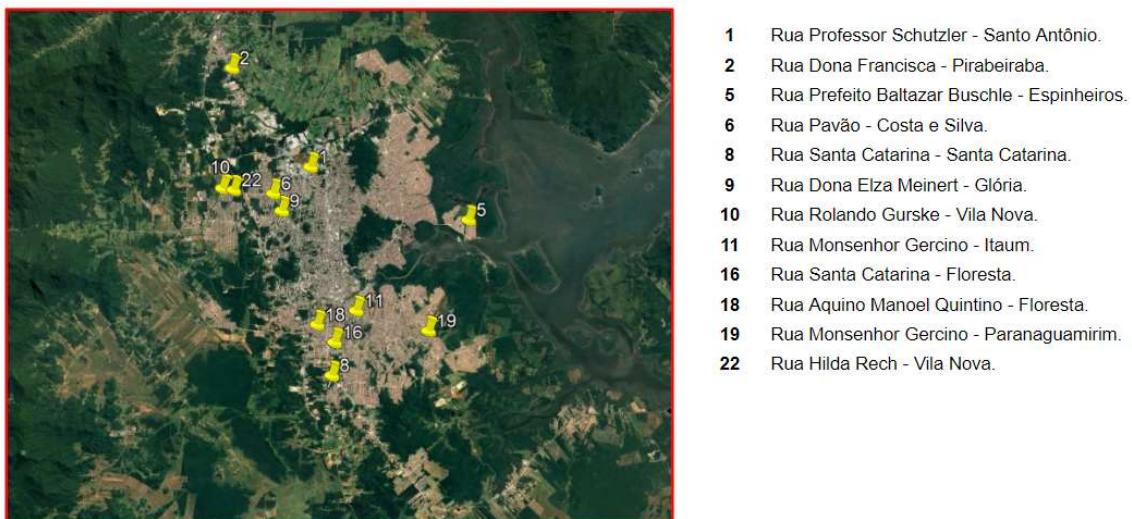
- Data de protocolo;
- *Status* do processo (em análise ou aprovado);
- Endereço do empreendimento,
- Quantidade de torres na implantação;
- Quantidade de pavimentos tipo;
- Quantidade de apartamentos por pavimento tipo;
- Área privativa da unidade habitacional (apartamento);
- Número de dormitórios por unidade habitacional;
- Sistema construtivo.

A informação da construtora também pode ser verificada nos processos, contudo, julgou-se desnecessária, uma vez que não traz nenhuma contribuição à pesquisa. Os dados foram tabelados e encontram-se anexo a este trabalho.

Dos 23 (vinte e três) projetos, 11 (onze) encontram-se aprovados pela Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável – SEPUD, no mês de março/2023, ou seja, pouco menos da metade da amostra de dados.

Dentro desta amostra de projetos foram identificadas as implantações que contam com replicabilidade de torres, ou seja, edificações padronizadas, sendo que cada construtora possui seus próprios projetos padrões. Esta amostra corresponde a 12 (doze) processos, representando 52,17% dos projetos voltados para uso residencial. Em termos de quantidade de unidades habitacionais, o número torna-se mais expressivo, correspondendo a 63,52% do total. A Figura 10 apresenta a localização dos empreendimentos que utilizam padronização em suas torres.

Figura 10 - Localização dos projetos residenciais multifamiliares em processo de EIV que apresentam torres padronizadas - período de 2018 e 2023 em Joinville.



Fonte: A autora adaptado de Google Earth (2023).

A partir da seleção dos projetos que contém padronização, foram levantadas mais informações dos pavimentos tipos:

- Área de dormitórios, sala, cozinha, banheiro e sacada;
- Áreas de circulação comum da torre (escadas, corredores, *hall* e elevadores);
- Área das aberturas (janelas e portas);
- Espessura das paredes internas e externas;
- Características de reentrâncias nas fachadas.

Os dados coletados foram organizados em uma planilha apresentada no anexo deste trabalho, contendo as variáveis descritas com respectivas unidades de medidas. Nesta planilha foram consideradas cada unidade habitacional individualmente, uma vez que cada pavimento de torre apresentava duas tipologias diferentes de apartamentos, sendo as unidades do meio e as de laterais de torre. Todas as edificações padronizadas levantadas apresentaram 8 (oito) apartamentos por pavimento. Desta forma, levantou-se o total de 28 (vinte e oito) unidades habitacionais para realização das análises estatísticas apresentadas a seguir.

3.2 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS E DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE EDIFICAÇÕES POR ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

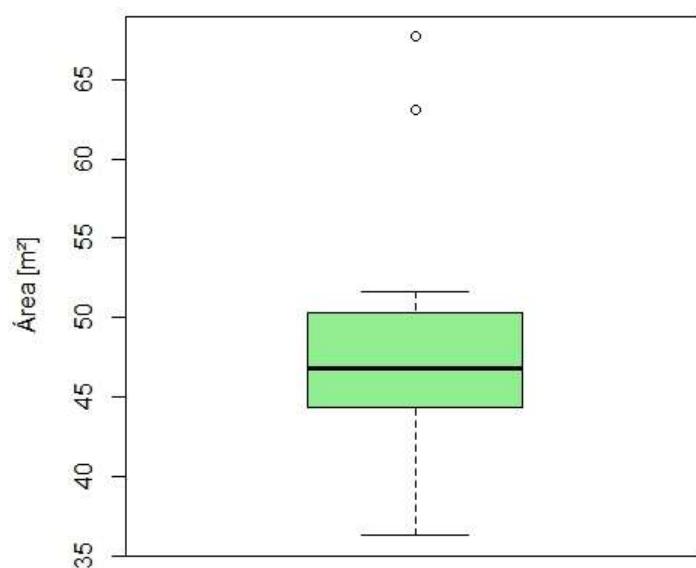
Para definição de modelo teórico de pavimento tipo da edificação multifamiliar e representativo da amostra de dados, empregou-se a técnica de análise de agrupamento (*cluster*) com a utilização do *software Rstudio*. Anteriormente a formação dos agrupamentos, foram analisados os dados e identificados os *outliers* da amostra com o auxílio de gráficos *boxplot*.

Tomando-se as 28 unidades habitacionais levantadas, foi elaborado o *boxplot* apresentado como Gráfico 1, considerando a variável da área privativa dos apartamentos, ilustrando a distribuição dos dados e identificando os valores discrepantes para esta variável.

Com a identificação de *outliers* superiores na distribuição das 28 UH, optou-se por excluir estes dados da amostra, que corresponderam a duas unidades habitacionais que apresentavam área privativa superior a sessenta metros quadrados (uma UH de 63,11m² e uma UH 67,68m²).

No Gráfico 1, além da presença de valores discrepantes, pode-se notar que o limite inferior apresentou maior distância da mediana se comparado com o limite superior.

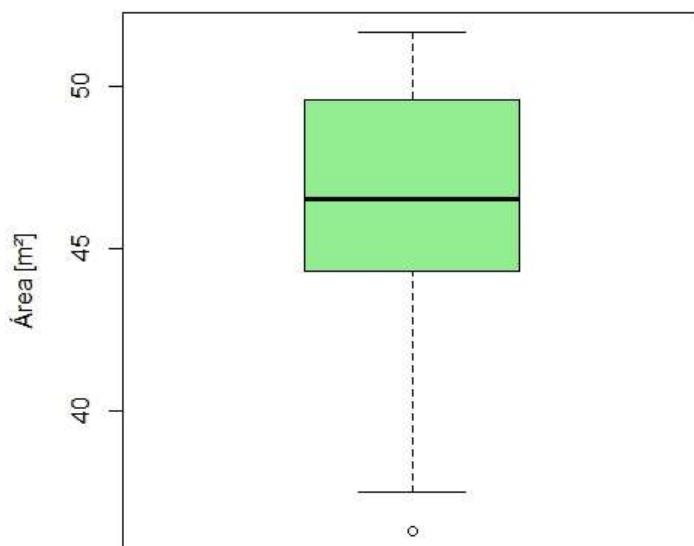
Gráfico 1 – *Boxplot* da área privativa dos apartamentos para amostra de 28 unidades habitacionais: identificação de *outliers*.



Fonte: A autora (2023).

Desta forma, para identificação de novos *outliers* nos dados, considerando a amostra com 26 UH, ou seja, já excluídos os valores discrepantes superiores de área privativa, foi gerado novamente o *boxplot* para variável, apresentados no Gráfico 2. Novamente notaram-se valores discrepantes, sendo desta vez, abaixo do limite mínimo da distribuição, correspondendo as unidades com área privativa inferior a quarenta metros quadrados (uma UH de 36,25 e três UH de 37,45m² cada).

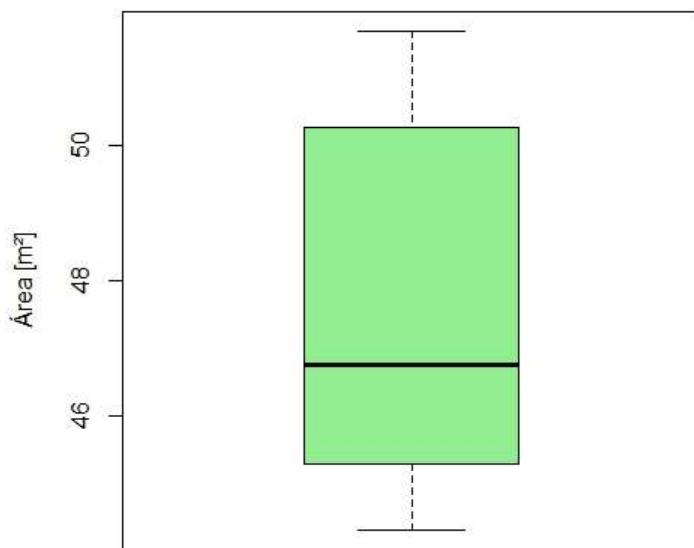
Gráfico 2 - *Boxplot* da área privativa dos apartamentos para amostra de 26 unidades habitacionais, excluídos *outliers* superiores.



Fonte: A autora (2023).

Com a exclusão dos valores de *outliers*, foi então elaborado *boxplot* com 22 UH na amostra de dados, apresentando distribuição de dados com maior homogeneidade e mediana de aproximadamente 47m² para variável analisada. O Gráfico 3 apresenta o *boxplot* da amostra final a ser trabalhada na análise de agrupamento.

Gráfico 3 - *Boxplot* da área privativa dos apartamentos para amostra de 22 unidades habitacionais, excluídos *outliers* superiores e inferiores.



Fonte: A autora (2023).

Definido o conjunto de dados, foram identificadas as variáveis numéricas e categóricas da amostra, uma vez que na análise de agrupamentos utilizam-se as colunas correspondentes as variáveis numéricas, porém os testes estatísticos são aplicados em ambos os casos e adequados ao tipo de variável. A Tabela 4 apresenta as variáveis numéricas e categóricas analisadas.

Tabela 4 - Variáveis e sua tipologia.

NOME DA VARIÁVEL	TIPO
Nº da amostra	Numérica
Endereço	Categórica
Sistema construtivo	Categórica
Área de apartamento	Numérica
Espessura de paredes externas	Numérica
Espessura de paredes internas	Numérica
Nº de dormitórios	Numérica
Área do dormitório 1	Numérica
Área do dormitório 2	Numérica
Área de janela do dormitório 1	Numérica

(continua)

Área de janela do dormitório 2	Numérica
Área de Sala/Cozinha	Numérica
Área de janela da Sala/Cozinha	Numérica
Área da cozinha	Numérica
Área da janela da cozinha	Numérica
Área de banheiro	Numérica
Área de janela do banheiro	Numérica
Área de sacada	Numérica
Área de circulação comum, escada e elevadores	Numérica
Fachadas com reentrâncias	Categórica

(conclusão)

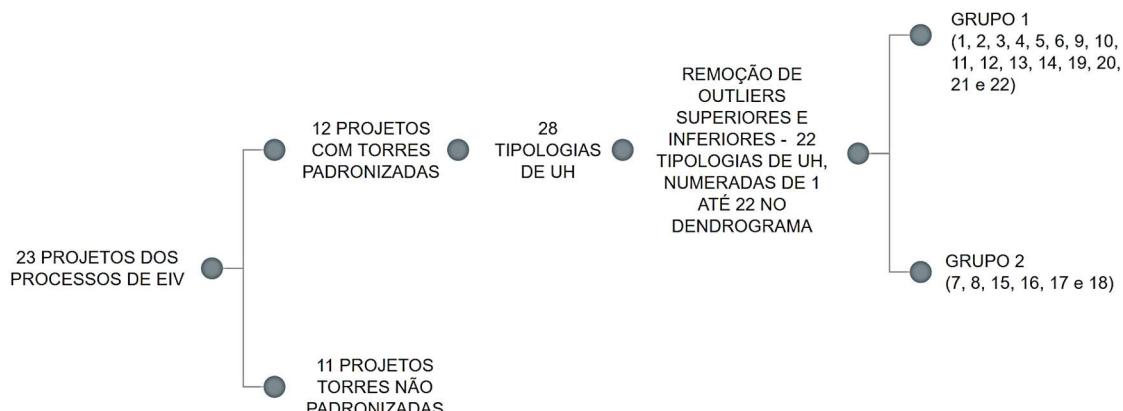
Fonte: A autora (2023).

Definida a amostra e a tipologia das variáveis, parte-se para análise de agrupamentos. No *Rstudio*, após carregada a planilha de dados e selecionadas as colunas de variáveis numéricas, para posterior formação dos grupos, foi utilizada a função “*scale*” para normalização através do *z-score*. Desta forma, garante-se que os dados sejam comparados em uma escala comum e não apresentem pesos relativos distintos de uma variável para outra.

Com os dados normalizados, foi utilizada a função “*dist*”, a qual calcula a matriz de distância euclidiana e é a entrada de dados no agrupamento hierárquico. Os procedimentos hierárquicos de análise de *cluster* são baseados em árvores de *cluster*, onde os dados são agrupados em uma hierarquia, começando com cada ponto de dados como um *cluster* individual e, em seguida, combinando-os sucessivamente em *clusters* maiores. Utilizando-se a função “*hclust*” e plotando o resultado da análise, foram definidos os agrupamentos e elaborado o dendrograma como ferramenta gráfica para ilustrar estes grupos.

Para resumir o processo de coleta e definição das amostras de unidades habitacionais, desde o levantamento de projetos contidos nos Estudos de Impacto de Vizinhança, passando pela exclusão das amostras consideradas *outliers* inferiores e superiores, até à formação dos grupos para definição dos modelos representativos, apresenta-se a Figura 11.

Figura 11 – Resumo da coleta e definição das amostras.



Fonte: A autora (2023).

3.3 METODOLOGIA DAINI-R

A Instrução Normativa do INMETRO para edificações residenciais, teve sua publicação através da portaria nº 322, de 6 de setembro de 2022 e anexo revisado em dezembro de 2022. Além do documento principal daINI-R, são disponibilizados outros documentos para auxílio da aplicação do método simplificado de classificação energética, como o manual de aplicação para edificações residenciais e o metamodelo com interface web (INMETRO, 2022). Para aplicação do método simplificado são definidos os limites pelaINI-R conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Limites para aplicação do método simplificado.

Parâmetro	Limites do método	
	Mínimo	Máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,2	0,9
Absortância solar das paredes externas (α_{par})	0,2	0,9
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito e esquerdo (AHFD e AHFE)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento da fachada (AVSFAC)	0°	55°
Ângulo vertical de obstrução do entorno (AVE)	0°	60°
Área de piso do ambiente de permanência prolongada	5 m ²	100 m ²
Área de piso do ambiente de permanência transitória	2 m ²	100 m ²

(continua)

Área de superfície dos elementos transparentes	0 m ²	60 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CTcob)	25 kJ/(m ² .K)	550 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica das paredes externas (CTpar)	26 kJ/(m ² .K)	440 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica do piso (CTpiso)	25 kJ/(m ² .K)	440 kJ/(m ² .K)
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	-45°	45°
Dimensão horizontal da parede externa (por orientação)	0 m	15 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com Sala/Cozinha	0 m	65 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com dormitório	0 m	60 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com APT	0 m	50 m
Área efetiva de abertura para ventilação	0 m ²	60 m ²
Fator solar do elemento transparente (FS)	0,2	0,87
Pé-direito (PD)	2,40m	7,50m
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,45 W/(m ² .K)	3,80 W/(m ² .K)
Transmitância térmica das paredes externas (Upar)	0,24 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do piso (Upiso)	0,70 W/(m ² .K)	4,10 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do elemento transparente	2,50 W/(m ² .K)	5,87 W/(m ² .K)

(conclusão)

Fonte: INMETRO (2022).

De acordo com a NBR 15.575-1, para análise do desempenho térmico e energético de uma unidade habitacional, devem ser elaborados dois modelos computacionais da edificação, o modelo real e o modelo de referência (ABNT, 2021). O metamodelo disponibilizado pelo INMETRO considera estes dois modelos conforme a norma de desempenho (real e de referência), sendo que para o modelo de referência as propriedades térmicas são as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades térmicas dos elementos para o modelo de referência.

ELEMENTO	CONDUTIVIDADE TÉRMICA [W/m.K]	CALOR ESPECÍFICO [J/Kg.K]	ABSORTÂNCIA SOLAR	EMISSIVIDADE	DENSIDADE [Kg/m ³]
Paredes externas	1,75	1.000	0,58	0,90	2.200
Paredes internas	1,75	1.000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2.200
Pisos	1,75	1.000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2.200
Telha com 6mm de espessura	0,65	840	0,65	0,90	1.700
Laje com 10cm de espessura	1,75	1.000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2.200

Fonte: Adaptado de NBR 15.575-1 (2021).

O metamodelo considera ainda a modelagem da ocupação e das cargas internas conforme indicação da normativa brasileira, a ocupação dos usuários nas áreas de permanência prolongada e do uso de equipamentos, iluminação artificial e a utilização ou não de ventilação natural (ABNT, 2021). Para utilização do metamodelo da INI-R faz-se necessário o preenchimento de diversas informações da edificação real, conforme apresentado na Tabela 6.

Como informação de saída são geradas as classificações e etiquetas para envoltória da edificação, para o sistema de aquecimento de água, a classificação da eficiência energética da unidade habitacional, o consumo de energia da UH. Para este estudo foi considerada a classificação da envoltória com intuito de analisar as diferentes composições para as edificações padronizadas. Juntamente à classificação da envoltória, são calculados os valores das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento da UH e as temperaturas máximas e mínimas operativas.

Tabela 6 – Dados de entrada para uso do metamodelo da INI-R.

DADO DE ENTRADA	UNIDADE
Tipologia da edificação	Descriativa
Cidade	Descriativa
Área total dos ambientes de permanência transitória (APTs)	m^2
Uso do ambiente	Descriativa
Coeficiente de eficiência energética do sistema de AC para refrigeração [CEEr]	Adimensional
Coeficiente de eficiência energética do sistema de AC para aquecimento [CEEA]	Adimensional
Condição de exposição do piso	Descriativa
Condição de exposição da cobertura	Descriativa
Área do APP	m^2
Pé-direito	m
Possui veneziana?	Descriativa
Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro	Graus [°]
Área efetiva de ventilação	m^2
Transmitância térmica do elemento transparente	W/m^2K
Fator solar do elemento transparente (FS)	Sem unidade
Transmitância térmica do piso	$W/m^2. K$
Capacidade térmica do piso	$kJ/m^2. K$
Absortância da parede externa	Adimensional
Transmitância térmica das paredes externas	$W/m^2. K$
Capacidade térmica das paredes externas	$kJ/m^2. K$
Absortância da cobertura	Adimensional
Transmitância térmica da cobertura	$W/m^2. K$
Capacidade térmica da cobertura	$kJ/m^2. K$
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT	m
Dim. Horizontal de paredes em contato com o dormitório	m
Dim. Horizontal de paredes em contato com a Sala/Cozinha	m
Ângulo horizontal de sombreamento à direita [AHSd] nas direções norte, sul, leste e oeste.	Graus [°]
Ângulo horizontal de sombreamento à esquerda [AHSe] nas direções norte, sul, leste e oeste.	Graus [°]
Ângulo de obstrução vertical da fachada [AOVfac] nas direções norte, sul, leste e oeste.	Graus [°]
Ângulo vertical de sombreamento da fachada [AVSfac] nas direções norte, sul, leste e oeste.	Graus [°]
Dimensão horizontal de parede externa nas direções norte, sul, leste e oeste.	m
Dimensão horizontal de parede interna nas direções norte, sul, leste e oeste.	m
Área de superfície dos elementos transparentes nas direções norte, sul, leste e oeste.	m^2
Porta interna nas direções norte, sul, leste e oeste.	Descriativa

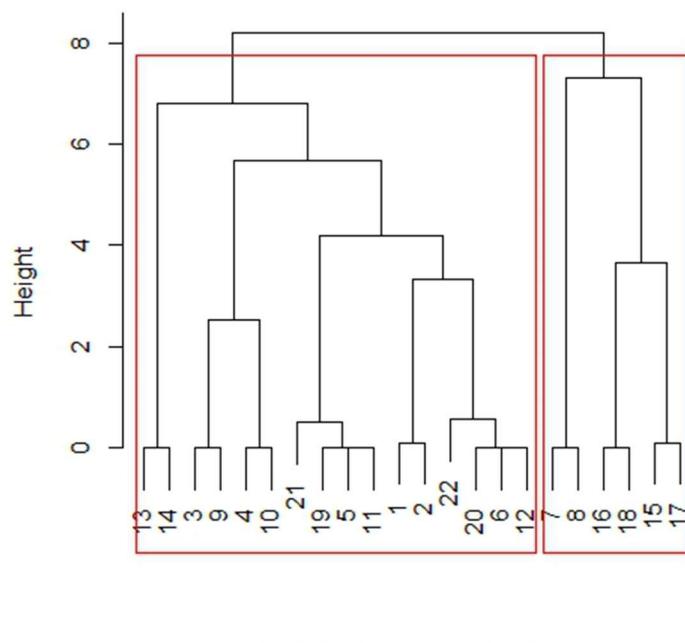
Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

4 RESULTADOS

4.1 REALIZAÇÃO DE TESTES ESTATÍSTICOS PARA AS VARIÁVEIS NUMÉRICAS E CATEGÓRICAS

A partir da definição dos agrupamentos, elaborou-se o dendrograma apresentado na Figura 12, onde se identifica a formação de dois grupos principais e se calculou as médias e desvios padrão para cada variável numérica. Os valores das médias das variáveis foram utilizadas para o desenvolvimento dos modelos teóricos de edificação representantes dos grupos 1 e 2.

Figura 12 – Dendrograma de agrupamentos: edificações residenciais multifamiliares padronizadas.



Nº DA AMOSTRA DE PROJETO

Fonte: A autora (2023).

O grupo 1 foi formado pelas amostras de unidades habitacionais correspondentes as numerações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21 e 22, enquanto o grupo 2, pelas amostras 7, 8, 15, 16, 17 e 18. A Tabela 7 apresenta as médias, os desvios padrão e a relação desvio padrão/média em porcentagem, para cada variável analisada.

Com o cálculo dos desvios padrão e da razão entre desvio padrão e a média, pode-se verificar algumas variabilidades das variáveis em cada grupo. Para variável “área de janela da cozinha” no grupo 1, o desvio padrão resultou em 0,46 e sua relação com a média em 40%, resultado que chamou a atenção para esta variável. Verificando esta variável na tabela de dados, pode-se identificar que o valor máximo encontrado é de 1,65m² e o mínimo é de 0, pois existem duas unidades habitacionais que não possuem janela especificamente na área da cozinha, tendo apenas a porta-janela em ambiente integrado entre cozinha e sala, o que baixou o valor da média e aumentou o valor do desvio padrão para variável.

Para as variáveis de janelas de dormitórios 1 e 2, nota-se que o desvio padrão para grupo 2 é igual a zero e observando a amostra de unidades habitacionais coletadas, identificou-se que as edificações pertenciam a mesma construtora, com modelos de torres diferentes, mas com a utilização de um mesmo padrão de esquadrias, destacando o uso de processos industrializados. Para o grupo 1, as unidades habitacionais levantadas são de diferentes construtoras e para esta variável o desvio padrão resultou em 0,16.

Para a área de sacada, a relação entre desvio padrão e a média resultou em 21,16% no grupo 1 e de 72,53% no grupo 2. Esta variabilidade pode ser identificada na tabela de dados coletados de cada unidade habitacional, sendo que para o grupo 2 existem unidades sem sacada, o que leva a um desvio padrão alto e reduz o valor da média.

Outra variável com variabilidade entre os modelos de edificações padronizadas dentro de cada grupo é a de “circulação comum, elevadores e escada”. A relação no grupo 1 foi de 29,24% e de 16,82% no grupo 2, neste caso, pode-se notar nos projetos que há diferenças significativas nas tipologias e distribuições dos ambientes de circulação comum nas torres, o que reflete e pode ser identificado numericamente. As demais variáveis analisadas não apresentaram valores de desvio padrão elevados.

Tabela 7 - Médias das variáveis das edificações teóricas representativas dos grupos 1 e 2.

VARIÁVEL NUMÉRICA	MÉDIA	DESVIO	DESVIO	MÉDIA	DESVIO	DESVIO
	GRUPO	PADRÃO	PADRÃO / MÉDIA	GRUPO	PADRÃO	PADRÃO / MÉDIA
	1	1	(%)	2	2	(%)
ÁREAS DE APARTAMENTOS	48,81	2,18	4,47%	44,65	0,46	1,03%
Nº DE DORMITÓRIOS	2,00	0,00	0,00%	2,00	0,00	0,00%
ESPESSURA DE PAREDE EXTERNA [cm]	17,00	0,50	2,94%	10,00	0,00	0,00%
ESPESSURA DE PAREDE INTERNA [cm]	14,5,	0,50	3,45%	10,00	0,00	0,00%
ÁREA DORMITÓRIO 1 [m ²]	8,79	0,45	5,12%	8,15	0,77	9,45%
ÁREA DORMITÓRIO 2 [m ²]	7,11	0,36	5,06%	7,61	0,37	4,86%
ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 1 [m ²]	1,41	0,16	11,35%	1,75	0,00	0,00%
ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 2 [m ²]	1,41	0,16	11,35%	1,75	0,00	0,00%
ÁREA SALA/COZINHA [m ²]	13,45	2,02	15,02%	13,35	1,75	13,11%
ÁREA DE JANELA SALA/COZINHA [m ²]	2,55	0,19	7,45%	2,83	0,70	24,73%
ÁREA COZINHA [m ²]	6,40	0,70	10,94%	6,82	0,22	3,23%
ÁREA DE JANELA COZINHA [m ²]	1,15	0,46	40,00%	1,16	0,00	0,00%
ÁREA BANHEIRO [m ²]	2,71	0,34	12,55%	2,57	0,02	0,78%
ÁREA DE JANELA BANHEIRO [m ²]	0,32	0,03	9,38%	0,61	0,00	0,00%
ÁREA DE SACADA [m ²]	1,89	0,40	21,16%	2,33	1,69	72,53%
CIRCULAÇÃO COMUM. ELEVADORES E ESCADAS [m ²]	59,37	17,36	29,24%	66,00	11,10	16,82%

Fonte: A autora (2023).

Para verificação dos grupos formados, foram aplicados o teste t de *Student* para variáveis numéricas e o teste *Qui-quadrado* para as variáveis categóricas. A Quadro 2 apresenta o resumo dos resultados dos testes aplicados e a interpretação de cada um deles para variável correspondente. As diferenças entre os dois grupos destacam-se nas variáveis: área de apartamento, espessura de parede interna, espessura de parede externa, área do dormitório 2, área de janelas dos dormitórios 1 e 2, área de janela do banheiro, sistema construtivo e fachadas com reentrâncias.

Quadro 2 – Testes estatísticos e interpretação.

Variável	Teste aplicado	Resultado	Interpretação
Área de apartamento	t de Student	p-valor <0,001, sendo a média da área de apartamento do grupo 1 superior ao grupo 2.	Há uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das duas amostras (grupo1 e grupo2) para a variável de teste. O p-valor é bastante baixo, portanto, rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que as médias das duas amostras são diferentes.
Espessura da parede interna	t de Student	p-valor <0,001, sendo a média da espessura de parede interna do grupo 1 de 14,5 cm e do grupo 2 de 10cm.	P-valor bastante baixo, evidenciando a diferença das médias dos grupos. Rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que as médias das duas amostras são diferentes.
Espessura da parede externa	t de Student	p-valor <0,001, sendo a média da espessura de parede externa do grupo 1 de 17cm e do grupo 2 de 10cm.	P-valor bastante baixo, evidenciando a diferença das médias dos grupos. Rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que as médias das duas amostras são diferentes.
Área do dormitório 1	t de Student	p-valor = 0,1258, sendo a média da área do dormitório 1 do grupo 1 de 8,79m ² e do grupo 2 de 8,15m ² .	O p-valor é maior que o nível de significância de 0,05, portanto, não há evidência estatística de que as médias para esta variável sejam diferentes. As médias da variável diferenciam em 0,64m ² .
Área do dormitório 2	t de Student	p-valor = 0,0271, sendo a média da área de dormitório 2 do grupo 1 de 7,11m ² e do grupo 2 de 7,61m ² .	O p-valor é menor que o nível de significância, mas não muito distante deste, então há evidência estatística de que as médias das duas amostras são diferentes, entretanto, esta diferença não se apresenta de maneira forte. A diferença entre as médias é de 0,5m ² .
Área da Sala/Cozinha	t de Student	p-valor = 0,9243, sendo a média da área da Sala/Cozinha do grupo 1 de 13,45m ² e do grupo 2 de 13,35m ² .	As médias da variável para o grupo 1 e 2 são próximas, resultando no teste o p-valor acima do nível de significância de 0,05. Neste caso, não há evidência estatística para afirmar que existe diferença entre as médias do grupo 1 e 2.
Área da cozinha	t de Student	p-valor = 0,0542, sendo a média da área da cozinha do grupo 1 de 6,40m ² e do grupo 2 de 6,82m ² .	O p-valor apresenta resultado próximo ao valor do nível de significância, indicando uma possível tendência em direção à diferença das médias, entretanto, não é estatisticamente conclusivo de que existe esta diferença com base neste resultado. Novamente, as médias da variável para o grupo 1 e 2 são próximas.

(continua)

Variável	Teste aplicado	Resultado	Interpretação
Área do banheiro	t de Student	p-valor = 0,1316, sendo a média da área do banheiro do grupo 1 de 2,71m ² e do grupo 2 de 2,57m ² .	O p-valor apresenta valor alto, acima do nível de significância e as médias apresentam valores próximos entre si, diferenciando em 0,14m ² . Para a variável, não há evidência estatística de que existe diferença entre as médias dos grupos 1 e 2.
Área da sacada	t de Student	p-valor = 0,5850, sendo a média da área da sacada do grupo 1 de 1,89m ² e do grupo 2 de 2,33m ² .	O p-valor é maior que o nível de significância de 0,05, portanto, não há evidência estatística de que as médias para esta variável sejam diferentes. As médias da variável diferenciam em 0,44m ² .
Área de circulação comum	t de Student	p-valor = 0,3390, sendo a média da área de circulação comum do grupo 1 de 59,37m ² e do grupo 2 de 66,00m ² .	O p-valor é maior que o nível de significância de 0,05, portanto, não há evidência estatística de que as médias para esta variável sejam diferentes. As médias da variável diferenciam em 6,63m ² , sendo a média do grupo 2 superior a do grupo 1.
Área de janelas dos dormitórios 1 e 2	t de Student	p-valor < 0,001, sendo a média do grupo 1 de 1,41m ² e do grupo 2 de 1,75m ² .	O p-valor é bastante baixo, evidenciando a diferença das médias dos grupos. Rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que as médias das duas amostras são diferentes, sendo que a média do grupo 2 é superior à do grupo 1.
Área de janela da Sala/Cozinha	t de Student	p-valor = 0,4164, sendo a média do grupo 1 de 2,55m ² e do grupo 2 de 2,83m ² .	O p-valor apresenta valor alto, acima do nível de significância de 0,05 e as médias apresentam valores próximos, diferenciando em 0,28m ² . Para a variável, não há evidência estatística de que existe diferença entre as médias dos grupos 1 e 2.
Área de janela da cozinha	t de Student	p-valor = 0,9211, sendo a média do grupo 1 de 1,15m ² e do grupo 2 de 1,16m ² .	O p-valor apresenta valor alto, acima do nível de significância de 0,05 e as médias apresentam valores bastante próximos, diferenciando apenas 0,01m ² . Não se pode afirmar que há diferenças entre os dois grupos para esta variável.
Área de janela do banheiro	t de Student	p-valor < 0,001, sendo a média do grupo 1 de 0,32m ² e do grupo 2 de 0,61.	O p-valor é bastante baixo, evidenciando a diferença das médias dos grupos. Rejeita-se a hipótese nula e pode-se afirmar que as médias das duas amostras são diferentes, sendo que a média do grupo 2 é quase o dobro da média do grupo 1.

(continua)

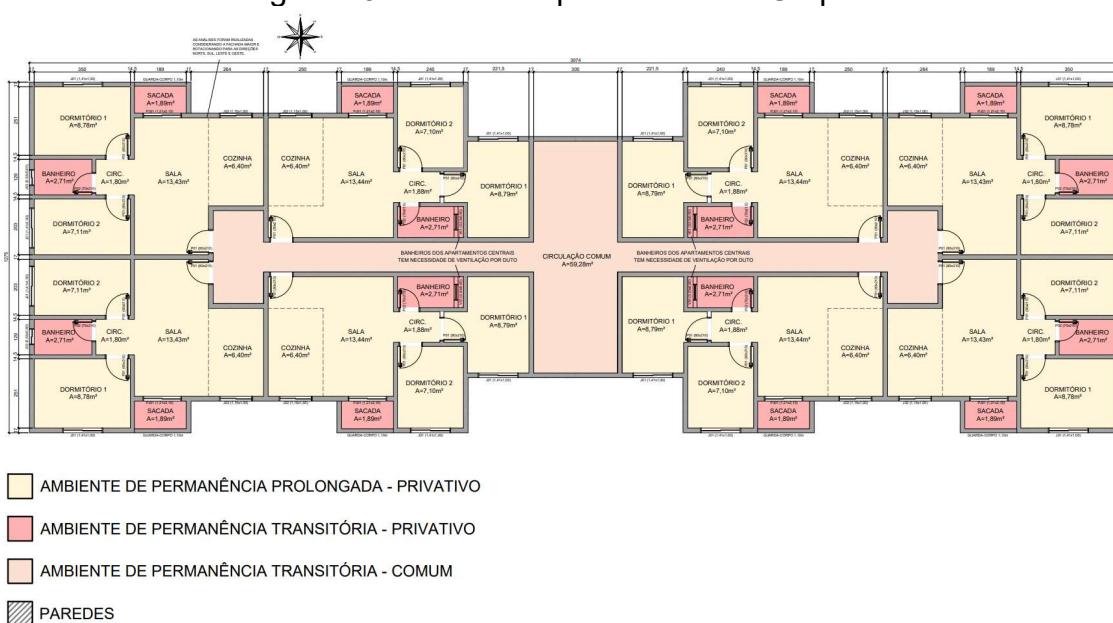
Variável	Teste aplicado	Resultado	Interpretação
Sistema construtivo	Qui-quadrado	p-valor = 0,0005.	Rejeita-se a hipótese nula de independência entre as variáveis e pode-se afirmar que os grupos são diferentes, sendo que há amostras de sistema construtivo alvenaria de bloco de concreto, de bloco cerâmico ou de parede de concreto.
Fachadas com reentrâncias	Qui-quadrado	p-valor = 0,0005.	Rejeita-se a hipótese nula de independência entre as variáveis e pode-se afirmar que os grupos são diferentes, sendo que há amostras com reentrâncias em todas as fachadas ou somente nas áreas de escada e acesso das torres.

(conclusão)

Fonte: A autora (2023).

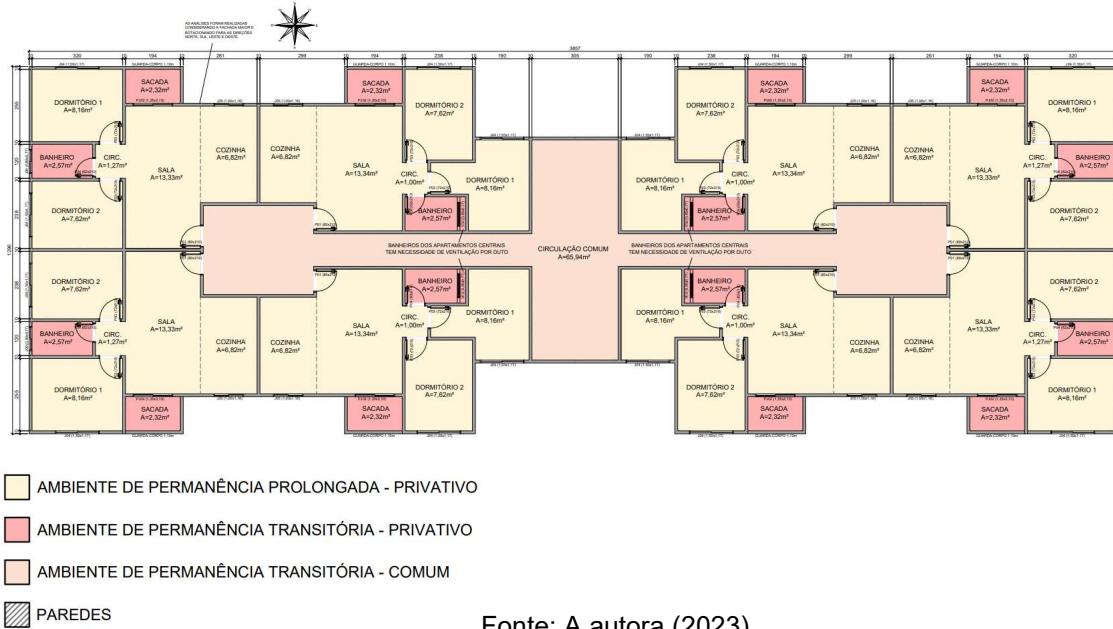
Com definição dos grupos e a realização dos testes, foi possível determinar os modelos de edificações representativas de cada grupo, conforme Figura 13 e Figura 14. A definição arquitetônica tomou como base os valores das médias de cada variável conforme Tabela 7 anteriormente apresentada, a característica de número de apartamentos por pavimento e a tipologia de apartamentos.

Figura 13 – Modelo representativo – Grupo 1.



Fonte: A autora (2023).

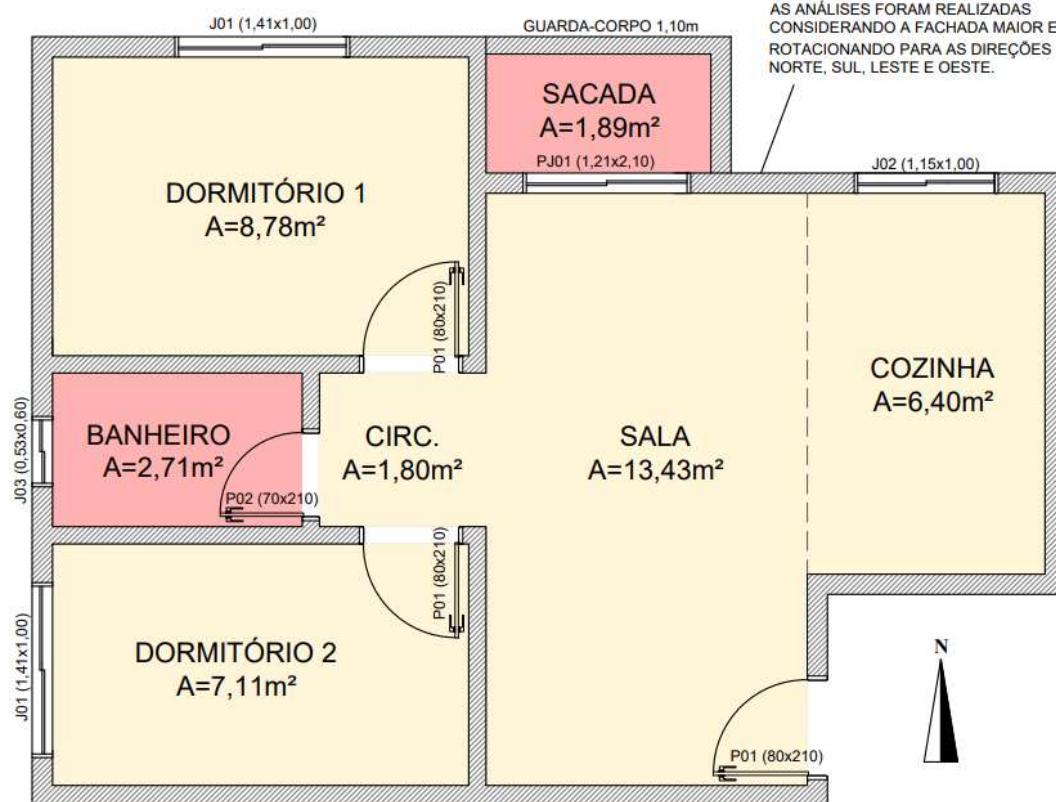
Figura 14 – Modelo representativo – Grupo 2.



Fonte: A autora (2023).

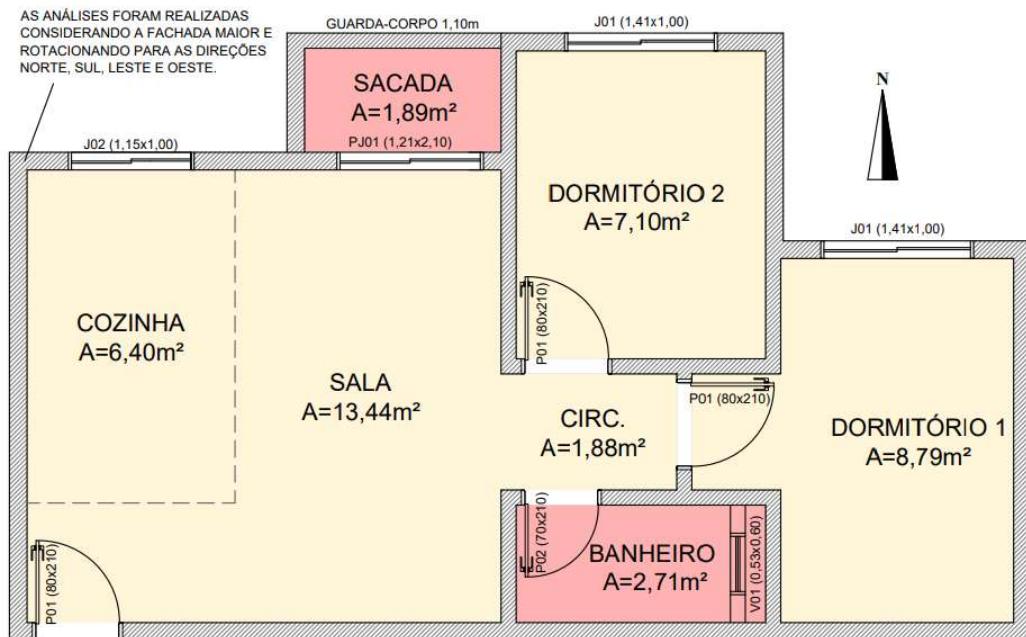
Para melhor visualização das tipologias de apartamentos para cada grupo, são apresentadas a seguir a Figura 15 até a Figura 18 com as plantas baixas das unidades habitacionais com as respectivas cotas e áreas.

Figura 15 – Apartamento tipo 1 – Grupo 1.



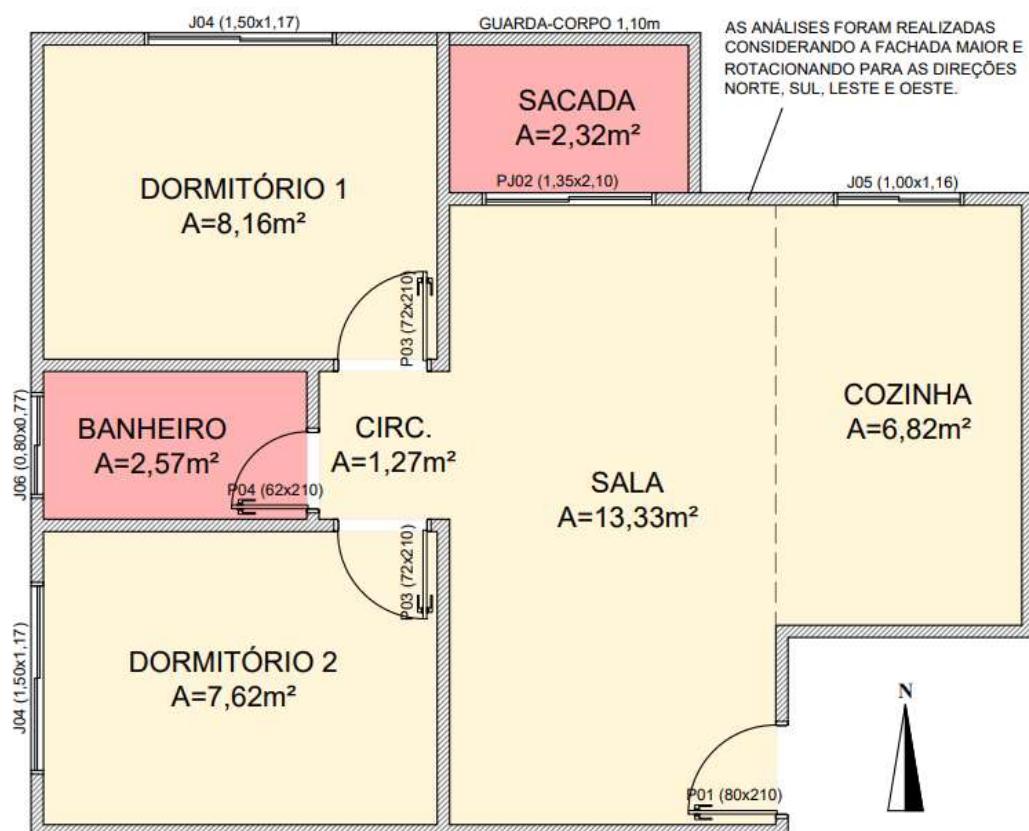
Fonte: A autora (2023).

Figura 16 – Apartamento tipo 2 – Grupo 1.



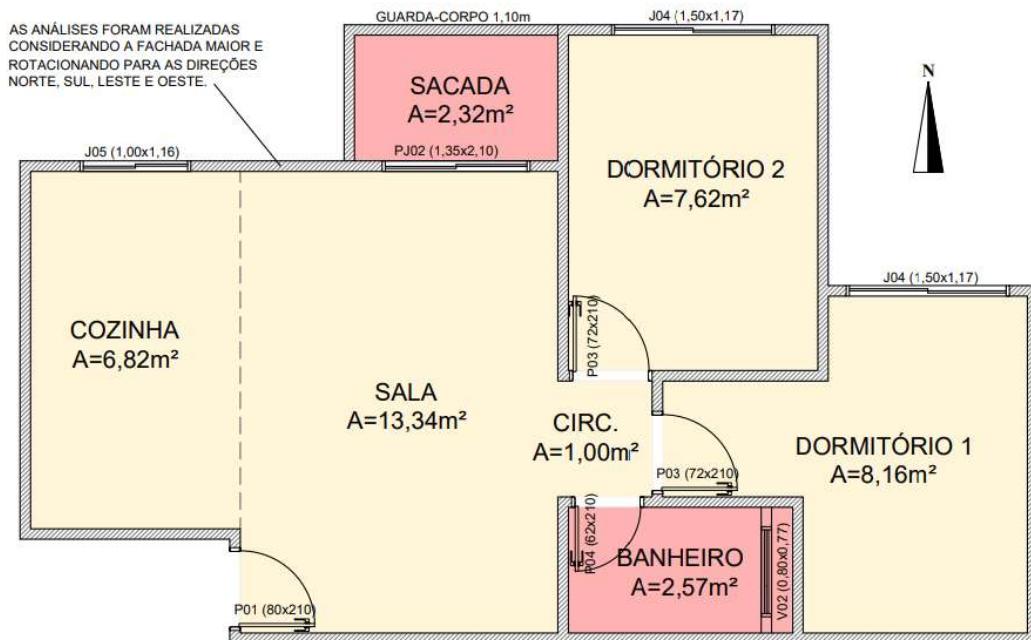
Fonte: A autora (2023).

Figura 17 – Apartamento tipo 1 – Grupo 2.



Fonte: A autora (2023).

Figura 18 – Apartamento tipo 2 – Grupo 2.



Fonte: A autora (2023).

Para composição das envoltórias dos modelos representativos, além das informações levantadas das amostras de dados, foram consideradas espessuras de reboco externo e gesso interno iguais para as tipologias de edificações. Também foram igualmente consideradas as composições de lajes entre pavimentos e na cobertura, conforme apresentado no Quadro 3. Definidas as composições foram determinados os valores de resistência térmica total, atraso térmico, capacidade térmica e transmitância térmica.

Quadro 3 – Composição das envoltórias.

TIPO DE PAREDE	COMPOSIÇÃO	RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL [m ² .K/W]	ATRASO TÉRMICO [horas]	CAPACIDADE TÉRMICA [KJ/m ² .K]	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA [W/m ² .K]
Parede de bloco de concreto	Reboco: 2,5cm Bloco de concreto 14x19x29: 14cm Gesso interno: 0,5cm	0,36	4,30	212,20	2,80
Parede de bloco cerâmico	Reboco: 2,5cm Bloco cerâmico 14x19x29: 14cm Gesso interno: 0,5cm	0,51	2,70	102,70	2,00

(continua)

TIPO DE PAREDE	COMPOSIÇÃO	RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL [m ² .K/W]	ATRASO TÉRMICO [horas]	CAPACIDADE TÉRMICA [KJ/m ² .K]	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA [W/m ² .K]
Parede de concreto	Reboco: 2,5cm Parede concreto maciço: 10cm Gesso interno: 0,5cm	0,29	3,40	293,90	3,90
Lajes: entre pavimentos	Piso cerâmico: 1cm Contrapiso: 5cm Laje maciça de concreto: 10cm	0,32	4,00	358,40	3,10
Cobertura: Laje + telhado	Laje maciça de concreto: 10cm Câmara de ar: > 5cm Telha de fibrocimento: 8mm	0,48	5,10	233,00	2,06

(conclusão)

Fonte: A autora (2023).

Para definição de dimensão das esquadrias também foram consideradas as informações de levantamento de dados das edificações e consideradas as médias das variáveis de altura e largura de esquadria. Para tipologia de vidro, foi considerado vidro simples de 6mm com fator solar de 0,870 e comumente utilizado em edificações deste padrão. As esquadrias consideradas nos modelos representativos são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Características das esquadrias.

NOME	GRUPO	LOCAL	DIMENSÃO [m x m]	MATERIAL
J01	01	Dormitórios	1,41x1,00	Vidro simples incolor: 6mm
J02	01	Cozinha	1,15x1,00	Vidro simples incolor: 6mm
J03	01	Banheiro	0,53x0,60	Vidro simples incolor: 6mm
J04	02	Dormitórios	1,50x1,17	Vidro simples incolor: 6mm
J05	02	Cozinha	1,00x1,16	Vidro simples incolor: 6mm
J06	02	Banheiro	0,80x0,77	Vidro simples incolor: 6mm
PJ01	01	Sala/Cozinha	1,21x2,10	Vidro simples incolor: 6mm
PJ02	02	Sala/Cozinha	1,35x2,10	Vidro simples incolor: 6mm

Fonte: A autora (2023).

4.2 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS PELO MÉTODO DA INI-R

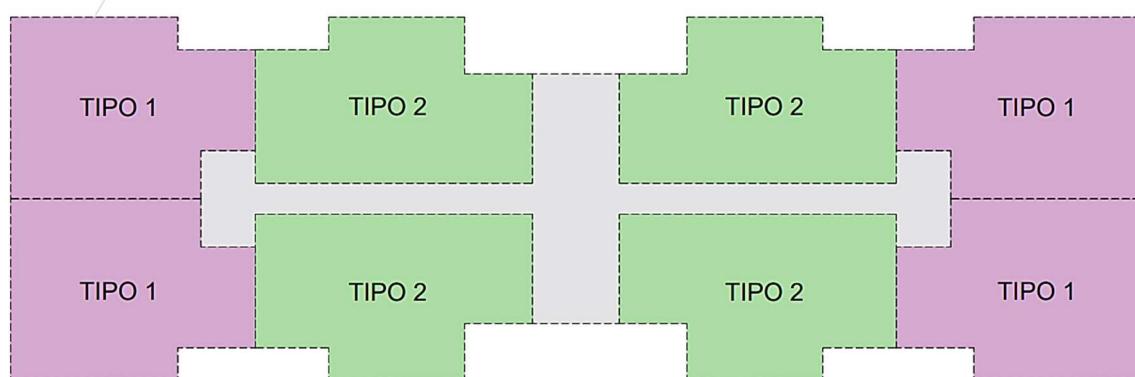
Para todas as edificações foram consideradas as lajes entre pavimentos maciças de concreto, com 10cm de espessura, contrapiso de 5cm e piso cerâmico com 1 cm, conforme composição apresentada no Quadro 3. Também foi igualmente considerada a cobertura com laje maciça de 10cm de espessura, câmara de ar > 5cm e telha de fibrocimento de 8mm, sendo esta composição apresentada na tabela supracitada.

A adoção destes valores tem como base a norma de desempenho - NBR 15.575-1, as exigências mínimas para dimensionamento estrutural dos vãos de lajes apresentados, o conhecimento pelo método construtivo e pela falta de informações dos projetos coletados, uma vez que o nível de detalhamento apresentado nos processos não descreve a composição destes elementos estruturais.

Para a tipologia de apartamentos, adota-se aqui a nomenclatura de apartamentos “tipo 1” os de canto de torre, ou seja, aqueles que possuem duas fachadas externas e os apartamentos “tipo 2”, que são aqueles de meio de torre, ou seja, possuem uma fachada externa, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 – Nomenclatura dos tipos de UH.

AS ANÁLISES FORAM REALIZADAS CONSIDERANDO A FACHADA MAIOR E ROTACIONANDO PARA AS DIREÇÕES NORTE, SUL, LESTE E OESTE.



Fonte: A autora (2024).

Os itens a seguir apresentam os resultados obtidos das análises com aplicação da metodologia da INI-R, para as três tipologias de edificação separados por pavimento.

4.2.1 Pavimento cobertura

Com a composição adotada para as lajes e telhado e o valor de absorância considerado para telha de fibrocimento de 0,7, os três modelos de edificações (bloco de concreto, bloco cerâmico e parede de concreto), apresentaram classificação nível C para o pavimento de cobertura, independentemente da orientação de fachada e tipologia de apartamento (tipo 1 e 2 de cada modelo dos grupos 1 e 2). Os quadros 5 a 7 apresentam os resultados das cargas térmicas dos ambientes de permanência prolongada e a classificação da envoltória de cada unidade.

Quadro 5 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – bloco de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	20,18	366,16	386,34	C
	Dormitório 2	19,51	314,14	333,65	
	Sala/Cozinha	3,68	1683,89	1687,57	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	18,04	390,98	409,02	C
	Dormitório 2	12,99	285,13	298,12	
	Sala/Cozinha	2,6	1538,69	1541,29	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	41,52	341,73	383,25	C
	Dormitório 2	17,21	303,01	320,22	
	Sala/Cozinha	7,37	1546,63	1554	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	22,72	376,09	398,81	C
	Dormitório 2	30,1	267,58	297,68	
	Sala/Cozinha	9,03	1506,76	1515,79	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	24,64	369,69	394,33	C
	Dormitório 2	13,88	297,99	311,87	
	Sala/Cozinha	4,66	1652,67	1657,33	

(continua)

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	35,29	386,4	421,69	C
	Dormitório 2	21,24	289,2	310,44	
	Sala/Cozinha	6,69	1492,54	1499,23	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	28,16	353,45	381,61	C
	Dormitório 2	19,74	307,41	327,15	
	Sala/Cozinha	5,88	1632,22	1638,1	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	23,18	417,97	441,15	C
	Dormitório 2	18,99	282,48	301,47	
	Sala/Cozinha	6,54	1671,58	1678,12	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

Quadro 6 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – bloco cerâmico.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO CERÂMICO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	24,37	343,47	367,84	C
	Dormitório 2	23,92	320,07	343,99	
	Sala/Cozinha	3,09	1732,14	1735,23	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	20,88	402,55	423,43	C
	Dormitório 2	16,21	267,3	283,51	
	Sala/Cozinha	2,33	1598,81	1601,14	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	49,39	345,72	395,11	C
	Dormitório 2	19,25	291,26	310,51	
	Sala/Cozinha	5,28	1607,97	1613,25	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	24,63	350,8	375,43	C
	Dormitório 2	36,34	270,07	306,41	
	Sala/Cozinha	6,17	1581,59	1587,76	

(continua)

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO CERÂMICO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	27,26	357,39	384,65	C
	Dormitório 2	15,51	271,83	287,34	
	Sala/Cozinha	3,65	1710,84	1714,49	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	38,98	392,46	431,44	C
	Dormitório 2	23,24	281,97	305,21	
	Sala/Cozinha	4,46	1519,53	1523,99	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA SUL					
OESTE	Dormitório 1	30,98	319,5	350,48	C
	Dormitório 2	21,18	310,45	331,63	
	Sala/Cozinha	4,18	1704,09	1708,27	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA SUL					
OESTE	Dormitório 1	23,96	409,48	433,44	C
	Dormitório 2	21,18	259,03	280,21	
	Sala/Cozinha	4,48	1755,1	1759,58	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

Quadro 7 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para cobertura – parede de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
PAREDE DE CONCRETO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	37,19	329,49	366,68	C
	Dormitório 2	35,26	311,35	346,61	
	Sala/Cozinha	3,2	1688,79	1691,99	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	30,4	343,88	374,28	C
	Dormitório 2	28,32	295,64	323,96	
	Sala/Cozinha	2,99	1626,06	1629,05	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	61,57	286,73	348,3	C
	Dormitório 2	36,68	300,65	337,33	
	Sala/Cozinha	8,75	1573,43	1582,18	

(continua)

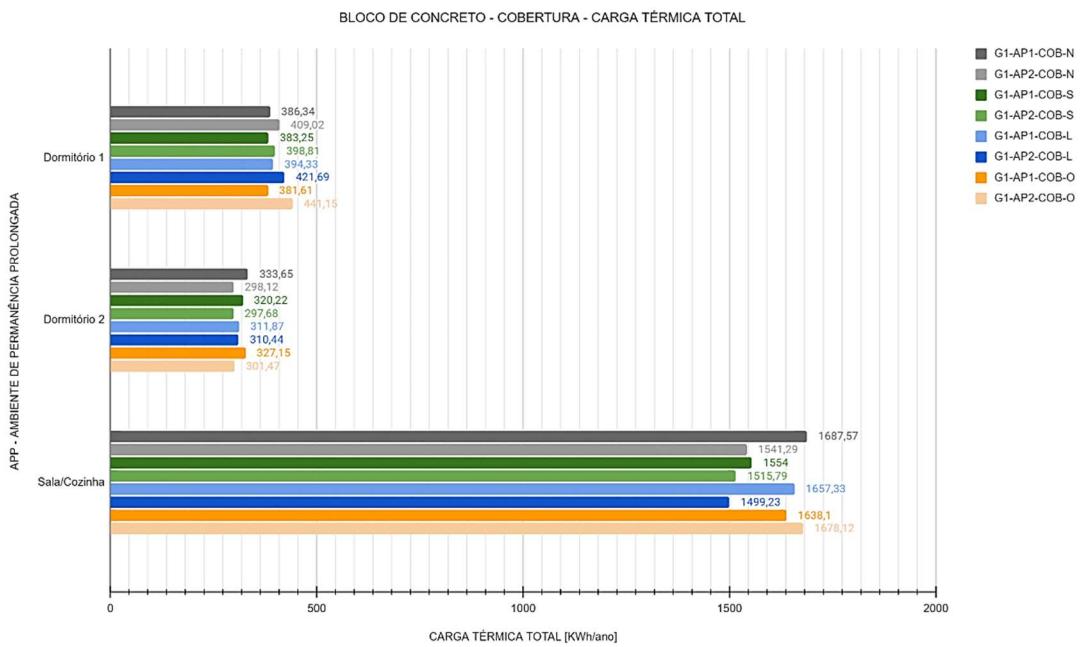
ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
PAREDE DE CONCRETO - COBERTURA					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	38,92	347,55	386,47	C
	Dormitório 2	54,16	260,59	314,75	
	Sala/Cozinha	8,85	1480,53	1489,38	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	47,49	314,94	362,43	C
	Dormitório 2	32,21	304,85	337,06	
	Sala/Cozinha	5,04	1647,77	1652,81	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	50,71	334,28	384,99	C
	Dormitório 2	45,78	287,62	333,4	
	Sala/Cozinha	6,68	1556,04	1562,72	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	54,71	312,64	367,35	C
	Dormitório 2	43,85	303,98	347,83	
	Sala/Cozinha	7,05	1629,5	1636,55	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	41,68	363,27	404,95	C
	Dormitório 2	44,3	294,31	338,61	
	Sala/Cozinha	6,41	1596,26	1602,67	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

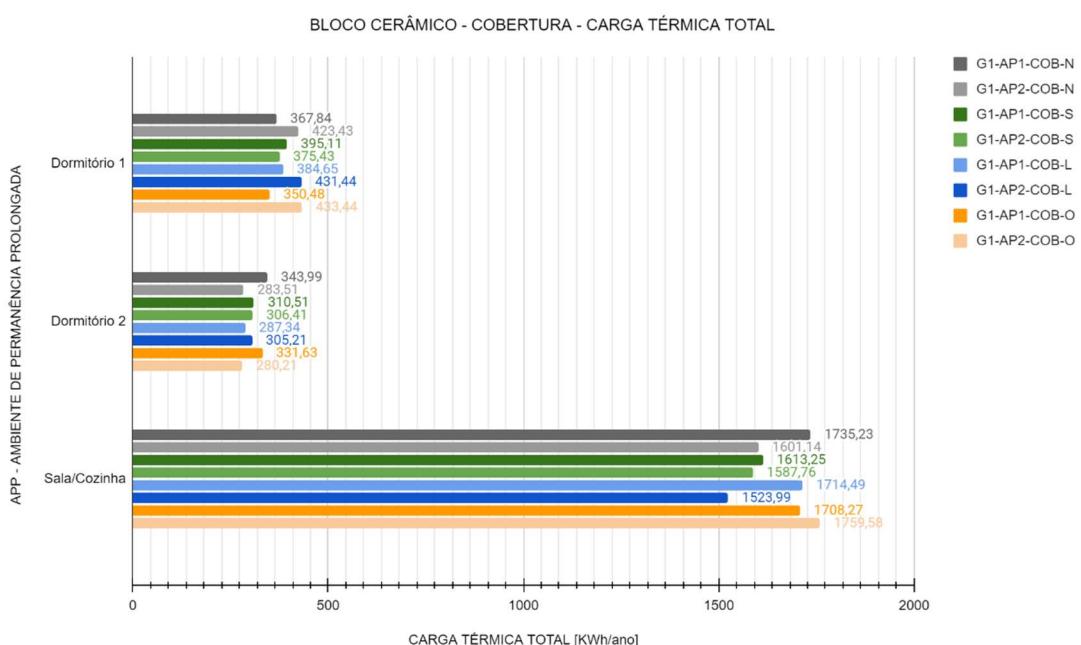
Em todos estes casos, a parcela de carga térmica de resfriamento foi superior a 92% da carga térmica total, sendo que para a Sala/Cozinha, esta parcela corresponde a 99,34% da carga total. Os gráficos 4 a 6 presentam os resultados de $CgTT_{UH}$ para as edificações de bloco de concreto, bloco cerâmico e parede de concreto, respectivamente. Na legenda apresentada ao lado de cada gráfico são indicadas as direções para qual a maior fachada do apartamento está orientada.

Gráfico 4 - CgTT_{UH} do pavimento cobertura – bloco de concreto.

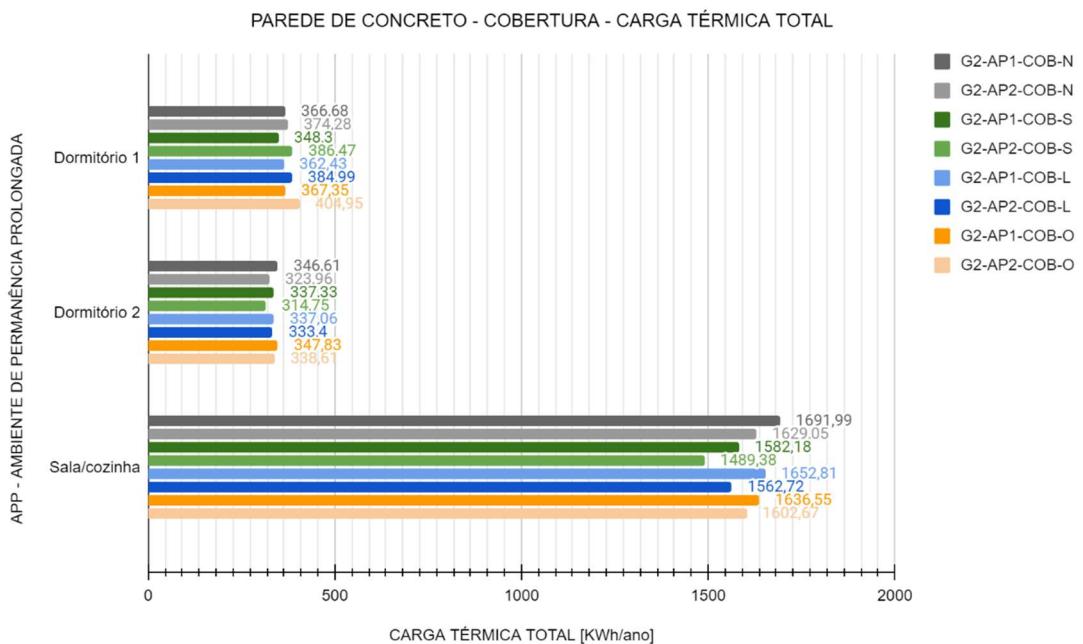


Fonte: A autora (2024).

Gráfico 5 - CgTT_{UH} do pavimento cobertura – bloco cerâmico.



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 6 - CgTT_{UH} do pavimento cobertura – parede de concreto.

Fonte: A autora (2024).

A Tabela 8 apresenta o resumo dos piores casos para cada ambiente e tipologia de edificação, ou seja, os maiores valores de carga térmica total anual encontrados nas comparações das edificações. Para o ambiente de Sala/Cozinha, o maior valor de CgTT_{UH} apresentado foi de 1759,58 KWh/ano, na edificação composta por blocos cerâmicos, apartamento tipo 2 com fachada voltada para oeste. A unidade tipo 1 nesta mesma direção também apresentou valor elevado, se comparado com as demais unidades, com CgTT_{UH} de 1708,27 KWh/ano e à norte de 1735,23 KWh/ano.

Para os ambientes de dormitórios, os maiores valores de CgTT_{UH} foram de 441,15 KWh/ano para o dormitório 1 na tipologia de blocos de concreto e fachada oeste. Para o dormitório 2, o valor mais elevado foi apresentado na tipologia de paredes de concreto com 347,83 KWh/ano.

Tabela 8 - Maiores valores de CgTT_{UH} por ambiente - pavimento cobertura.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	TIPOLOGIA DE PAREDE	APARTAMENTO TIPO	CARGA TÉRMICA TOTAL [KWh/ano]
Sala/Cozinha	Oeste	Bloco cerâmico	2	1759,58
Dormitório 1	Oeste	Bloco de concreto	2	441,15
Dormitório 2	Oeste	Parede de concreto	1	347,83

Fonte: A autora (2024).

Pode-se observar que para este pavimento os piores casos ocorreram em edificações com envoltórias de diferentes composições, o que aponta para tipologia de paredes e esquadrias, uma vez que a composição da cobertura é a mesma para os três casos. Nota-se ainda que, em todos os casos, a direção que mais demanda energia para manutenção do conforto térmico é a fachada oeste, para apartamento tipo 1 e 2.

4.2.2 Pavimento tipo

Nos pavimentos tipos, onde é considerada a laje entre pavimentos, a maior parte das unidades apresentaram classificação nível B, sendo que para edificação de bloco de concreto, todas as unidades apresentaram esta classificação. Na edificação composta por paredes de bloco cerâmico, o apartamento tipo 2 com fachada voltada para oeste apresentou nível de classificação C. Na edificação de paredes de concreto as unidades com classificação C foram o apartamento tipo 1 a leste e os apartamento 1 e 2 com fachada oeste. Os quadros 8 a 10 apresentam os resultados de cálculos de cargas térmicas e as classificações das unidades.

Quadro 8 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – bloco de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - TIPO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	7,67	274,65	282,32	B
	Dormitório 2	7,93	200,96	208,89	
	Sala/Cozinha	0,24	750,69	750,93	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	7,23	253,9	261,13	B
	Dormitório 2	4,19	207,62	211,81	
	Sala/Cozinha	-0,52	660,46	659,94	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	21,15	224,78	245,93	B
	Dormitório 2	8,19	220,1	228,29	
	Sala/Cozinha	3,88	726,33	730,21	

(continua)

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - TIPO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	11,29	285,34	296,63	B
	Dormitório 2	14,7	173,62	188,32	
	Sala/Cozinha	6,03	607,43	613,46	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	13,92	289,54	303,46	B
	Dormitório 2	6,14	250,43	256,57	
	Sala/Cozinha	2,02	723,99	726,01	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	18,35	248,03	266,38	B
	Dormitório 2	12,25	228,92	241,17	
	Sala/Cozinha	2,59	582,5	585,09	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	14,76	292,28	307,04	B
	Dormitório 2	11,76	231,25	243,01	
	Sala/Cozinha	3,1	792,75	795,85	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	11,43	288,35	299,78	B
	Dormitório 2	9,36	242,76	252,12	
	Sala/Cozinha	5	788,86	793,86	

(conclusão)

Fonte: A autora (2023).

Quadro 9 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – bloco cerâmico.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO CERÂMICO - TIPO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	8,01	217,11	225,12	B
	Dormitório 2	8,91	165,02	173,93	
	Sala/Cozinha	1,03	714,47	715,5	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	9,42	224,92	234,34	B
	Dormitório 2	4,81	167,53	172,34	
	Sala/Cozinha	0,62	613,48	614,1	

(continua)

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO CERÂMICO - TIPO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	21,99	175,85	197,84	B
	Dormitório 2	8,37	179,41	187,78	
	Sala/Cozinha	2,55	730,88	733,43	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	12,2	242,26	254,46	B
	Dormitório 2	15,69	139	154,69	
	Sala/Cozinha	3,32	629,34	632,66	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	16,14	231,66	247,8	B
	Dormitório 2	7,27	197,59	204,86	
	Sala/Cozinha	1,9	702,39	704,29	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	18,57	212,7	231,27	B
	Dormitório 2	14,09	180,93	195,02	
	Sala/Cozinha	2,03	517,12	519,15	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	15,58	232,39	247,97	B
	Dormitório 2	13,28	196,62	209,9	
	Sala/Cozinha	2,12	779,16	781,28	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	10,03	242,84	252,87	C
	Dormitório 2	10,32	194,13	204,45	
	Sala/Cozinha	3,13	739,04	742,17	

(conclusão)

Fonte: A autora (2023).

Para o ambiente de Sala/Cozinha, o maior valor de $CgTT_{UH}$ apresentado foi de 901,91 KWh/ano, na edificação composta por paredes de concreto, apartamento tipo 1 com fachada voltada para oeste. A unidade tipo 2 nesta mesma direção também apresentou valor elevado, se comparado com as demais unidades, com $CgTT_{UH}$ de 859,78 KWh/ano.

Para os ambientes de dormitórios, os maiores valores de $CgTT_{UH}$ foram de 331,32 KWh/ano para o dormitório 1 com fachada oeste e 315,76 KWh/ano para o dormitório 2 com fachada leste. Em todos estes casos, a parcela de carga térmica de resfriamento foi superior a 92% da carga térmica total, sendo que para Sala/Cozinha, esta parcela corresponde a 99,34% da carga total.

Quadro 10 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento tipo – parede de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
PAREDE DE CONCRETO - TIPO					
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	16,63	261,5	278,13	B
	Dormitório 2	15,82	220,28	236,1	
	Sala/Cozinha	0,31	880,73	881,04	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	11,9	248,01	259,91	B
	Dormitório 2	11,51	226,28	237,79	
	Sala/Cozinha	0,33	863,93	864,26	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	32,74	213,28	246,02	B
	Dormitório 2	18,35	230,77	249,12	
	Sala/Cozinha	7,17	846,51	853,68	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	18,36	306,82	325,18	B
	Dormitório 2	28,35	186,56	214,91	
	Sala/Cozinha	7,81	786,81	794,62	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	24,75	277,75	302,5	C
	Dormitório 2	13,95	301,81	315,76	
	Sala/Cozinha	3,41	843,08	846,49	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	25,93	230,5	256,43	B
	Dormitório 2	24,01	257,04	281,05	
	Sala/Cozinha	5,68	780,19	785,87	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	26,31	305,01	331,32	C
	Dormitório 2	23,04	250,46	273,5	
	Sala/Cozinha	5,93	895,98	901,91	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	21,31	261,06	282,37	C
	Dormitório 2	20,16	294,28	314,44	
	Sala/Cozinha	5,49	854,29	859,78	

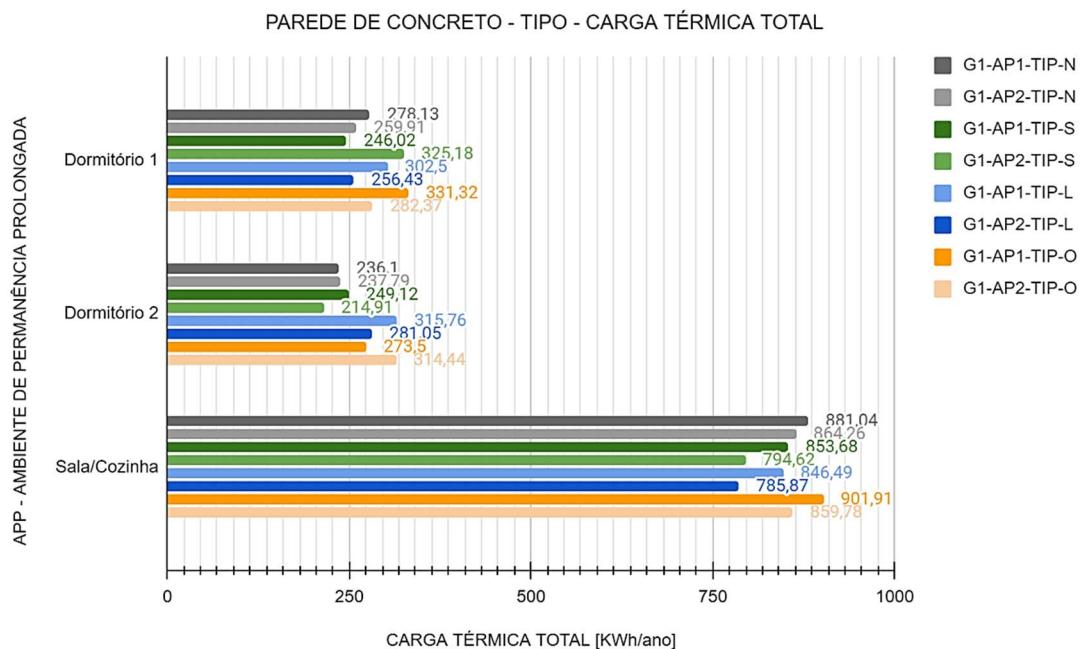
Fonte: A autora (2023).

Observando-se ainda os valores de carga térmica de aquecimento, ocorreu para edificação de bloco de concreto valores muito próximos a zero e um resultado negativo para o ambiente de sala/cozinha voltado para norte.

Foram verificados e recalculados os modelos nesta orientação e o resultado se manteve, o que pode indicar um erro

O Gráfico 7 apresenta os resultados de CgTT_{UH} para edificação de paredes de concreto, onde podem ser visualizados os ambientes por tipologia de unidade habitacional e orientação de fachada.

Gráfico 7 - CgTT_{UH} do pavimento tipo – parede de concreto.



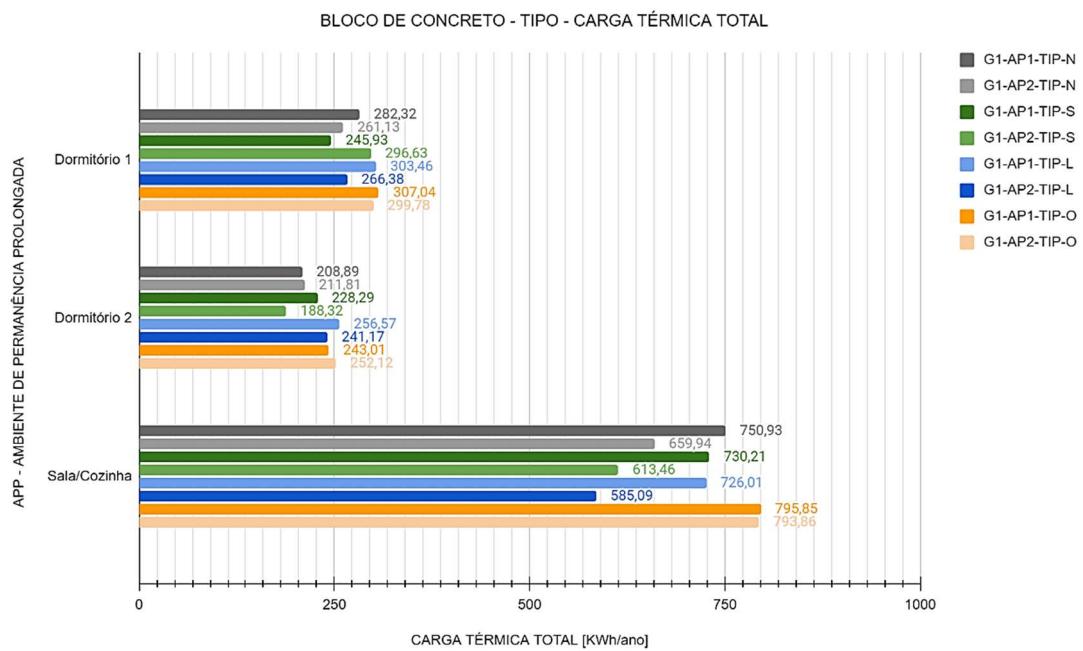
Fonte: A autora (2024).

Para a edificação de bloco de concreto, a CgTT_{UH} apresentou os maiores valores para a fachada oeste no ambiente de Sala/Cozinha, totalizando 795,85 KWh/ano e 793,86 KWh/ano, nos apartamentos tipo 1 e 2 respectivamente. O menor valor para este ambiente foi de 585,09 KWh/ano para o apartamento tipo 2 a leste, onde observa-se que, neste caso, a parede oeste fica voltada para o interior da torre, dividindo-se com a circulação comum, o que evita o aquecimento excessivo de paredes e a necessidade de resfriamento do ambiente em períodos mais quentes do ano.

Para o dormitório 1, o maior valor de CgTT_{UH} foi do apartamento tipo 1, voltado para oeste, apresentando o valor de 307,04 KWh/ano. No dormitório 2, o maior foi de 256,57 KWh/ano, sendo este para o apartamento tipo 1 voltado para o leste. Pode-se observar, portanto, que o apartamento tipo 1, que possui duas fachadas expostas apresentou os maiores valores de carga térmica total.

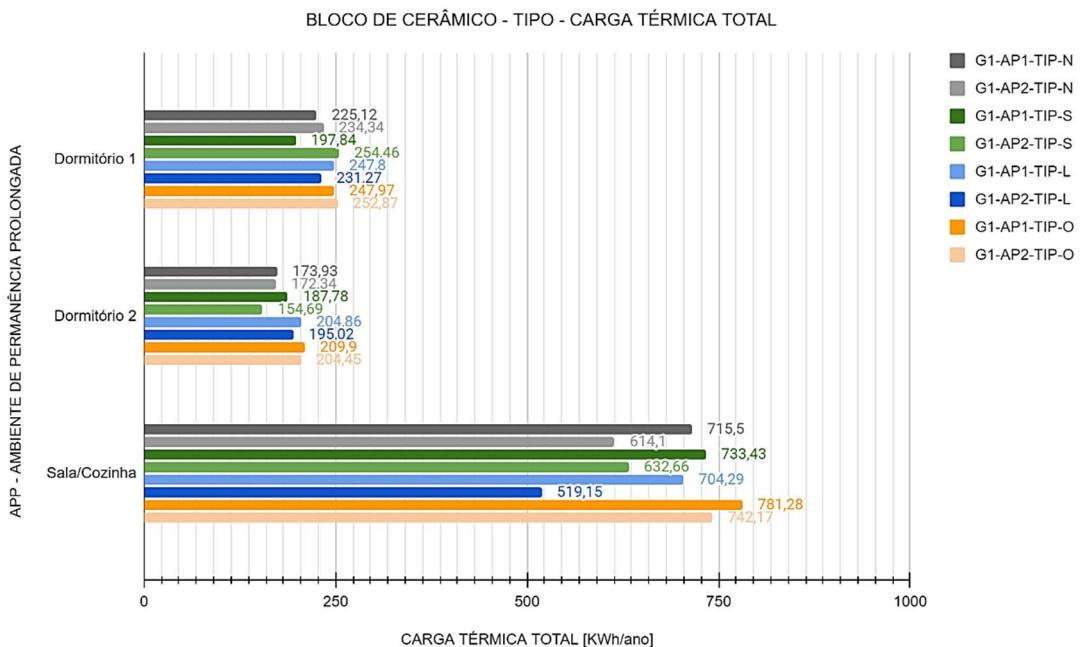
Em todos os casos a carga térmica de resfriamento é superior à de aquecimento. O Gráfico 8 apresenta os resultados de $CgTT_{UH}$ para cada unidade e orientação de fachada.

Gráfico 8 - $CgTT_{UH}$ do pavimento tipo – bloco de concreto.



Fonte: A autora (2024).

Para edificação de bloco cerâmico, os maiores valores de $CgTT_{UH}$ por ambiente totalizaram 781,28 kWh/ano para Sala/Cozinha 209,90 kWh/ano para o dormitório 2, na unidade tipo 1 com fachada oeste. Para o dormitório 1, o maior valor apresentado foi de 254,46 kWh/ano, na unidade tipo 2 com fachada para direção sul. O Gráfico 9 apresenta os resultados de $CgTT_{UH}$ para cada unidade e orientação de fachada desta tipologia construtiva.

Gráfico 9 – CgTT_{UH} do pavimento tipo – bloco cerâmico.

Fonte: A autora (2024).

A Tabela 9 apresenta o resumo dos piores casos para cada ambiente e tipologia de edificação, ou seja, os maiores valores de carga térmica total anual encontrados nas comparações das edificações. O maior valor para carga térmica de aquecimento ocorreu na edificação de paredes de concreto, para o dormitório 1 com fachada voltada para sul, no valor de 32,74 KWh/ano, entretanto esta carga é bastante inferior àquela apresentada no pavimento de cobertura. Nota-se que para o pavimento tipo, a tipologia de parede de concreto apresentou maiores valores de carga térmica total e maior número de unidades habitacionais com classificação C. Nenhuma unidade habitacional, nas diferentes composições de paredes, apresentaram nível A de classificação pela metodologia do INMETRO.

Tabela 9 - Maiores valores de CgTT_{UH} por ambiente - pavimento tipo.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	TIPOLOGIA DE PAREDE	APARTAMENTO TIPO	CARGA TÉRMICA TOTAL [KWh/ano]
Sala/Cozinha	Oeste	Parede de concreto	1	901,91
Dormitório 1	Oeste	Parede de concreto	1	331,32
Dormitório 2	Leste	Parede de concreto	1	315,76

Fonte: A autora (2024).

4.2.3 Pavimento térreo

Para o pavimento térreo, é considerada a laje de cobertura entre pavimentos e a laje piso da unidade habitacional em contato com o solo, ou seja, nenhuma laje apresenta incidência solar direta.

Para edificação composta por paredes de bloco de concreto, três unidades habitacionais apresentaram classificação nível A, sendo estas os apartamentos tipo 1 e 2 com fachada voltada para norte e o apartamento tipo 2 voltado para sul. As demais unidades foram classificadas em nível B. O Quadro 11 apresenta os resultados de cargas térmicas e nível de classificação da envoltória para cada unidade habitacional e orientação de fachada.

Quadro 11 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento térreo – bloco de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - TÉRREO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	0,5	279,36	279,86	A
	Dormitório 2	1,34	202,06	203,4	
	Sala/Cozinha	-1,11	837,35	838,46	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	0,65	228,5	229,15	A
	Dormitório 2	-0,24	212,97	213,21	
	Sala/Cozinha	-0,92	731,7	732,62	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	7,04	226,8	233,84	B
	Dormitório 2	1,04	225,24	226,28	
	Sala/Cozinha	-0,7	802,28	802,98	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	1,81	266,17	267,98	A
	Dormitório 2	4,56	175,74	180,3	
	Sala/Cozinha	0,35	655,77	656,12	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	2,81	271,87	274,68	B
	Dormitório 2	0,22	249,1	249,32	
	Sala/Cozinha	-0,94	797,36	798,3	

(continua)

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO DE CONCRETO - TÉRREO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	5,59	243,35	248,94	B
	Dormitório 2	2,8	214,58	217,38	
	Sala/Cozinha	-0,98	632,14	633,12	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	3,49	280,07	283,56	B
	Dormitório 2	2,63	214,28	216,91	
	Sala/Cozinha	-0,61	874,76	875,37	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	2,14	282,85	284,99	B
	Dormitório 2	1,57	232,06	233,63	
	Sala/Cozinha	0,02	825,55	825,57	

(conclusão)

Fonte: A autora (2023).

Para edificação de bloco cerâmico, todas as unidades habitacionais apresentaram classificação nível A, com exceção da unidade com apartamento tipo 2 com fachada a oeste, que apresentou a pior classificação de envoltória: nível E. Nota-se que esta unidade apresenta o maior valor de carga térmica total para o dormitório 1, porém, não apresenta o pior caso para o dormitório 2 e para Sala/Cozinha, ainda que sua classificação seja a mais baixa.

Comparando-se os apartamentos tipos 1 e 2 a oeste, pode verificar que enquanto a unidade 2 possui todos os ambientes em fachada oeste e maior insolação, a unidade 1 tem uma de suas faces para sul, que tem menor insolação. O Quadro 12 apresenta os resultados de cargas térmicas e nível de classificação da envoltória para cada unidade habitacional e orientação de fachada desta tipologia construtiva.

Quadro 12 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento térreo – bloco cerâmico.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
BLOCO CERÂMICO - TÉRREO					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	1,32	200,92	202,24	A
	Dormitório 2	2,08	150,02	152,1	
	Sala/Cozinha	0,77	770,42	771,19	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	2,07	184,86	186,93	A
	Dormitório 2	0,66	155,77	156,43	
	Sala/Cozinha	0,77	636,2	636,97	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	7,31	161,92	169,23	A
	Dormitório 2	1,51	171,22	172,73	
	Sala/Cozinha	0,83	789,03	789,86	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	2,57	208,11	210,68	A
	Dormitório 2	5,06	129,87	134,93	
	Sala/Cozinha	1,08	659,03	660,11	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	3,87	199,37	203,24	A
	Dormitório 2	1,12	178,17	179,29	
	Sala/Cozinha	0,88	742,56	743,44	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	5,79	191,83	197,62	A
	Dormitório 2	3,62	157,37	160,99	
	Sala/Cozinha	0,67	527,24	527,91	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	3,77	204,19	207,96	A
	Dormitório 2	3,26	171,84	175,1	
	Sala/Cozinha	0,93	840,05	840,98	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	2,02	225,23	227,25	E
	Dormitório 2	2,14	170,51	172,65	
	Sala/Cozinha	1,15	760,13	761,28	

Fonte: A autora (2023).

Para edificação composta por paredes de concreto, todas as unidades habitacionais do nível térreo foram classificadas em nível B. O Quadro 13

apresenta os resultados de cargas térmicas e nível de classificação da envoltória para cada unidade habitacional e orientação de fachada.

Quadro 13 – Cargas térmicas e classificação da envoltória para pavimento térreo – parede de concreto.

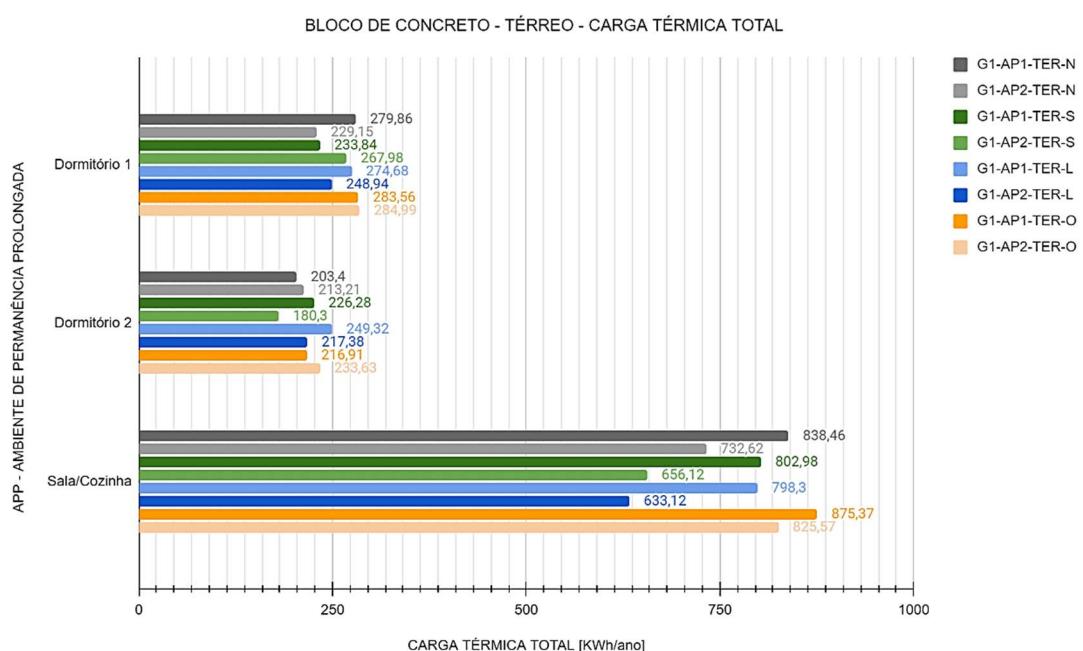
ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA
PAREDE DE CONCRETO - TÉRREO					
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	3,98	288,04	292,02	B
	Dormitório 2	4,08	243,41	247,49	
	Sala/Cozinha	-3,51	979,16	982,67	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA NORTE					
NORTE	Dormitório 1	2,15	240,07	242,22	B
	Dormitório 2	1,73	253,47	255,2	
	Sala/Cozinha	-3,35	970,32	973,67	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	13,22	237,04	250,26	B
	Dormitório 2	5,24	257,74	262,98	
	Sala/Cozinha	-1,59	923,86	925,45	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA SUL					
SUL	Dormitório 1	4,97	300,92	305,89	B
	Dormitório 2	11,11	207,95	219,06	
	Sala/Cozinha	-1,05	866,08	867,13	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	8,18	274,58	282,76	B
	Dormitório 2	2,95	315,11	318,06	
	Sala/Cozinha	-2,62	926,74	929,36	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA LESTE					
LESTE	Dormitório 1	9,37	252,9	262,27	B
	Dormitório 2	8,25	256,67	264,92	
	Sala/Cozinha	-1,84	860,28	862,12	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	9,61	308,05	317,66	B
	Dormitório 2	7,75	245,32	253,07	
	Sala/Cozinha	-1,72	980,37	982,09	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	7,1	285,92	293,02	B
	Dormitório 2	6,21	297,68	303,89	
	Sala/Cozinha	-1,83	931,29	933,12	

Fonte: A autora (2023).

Observando-se ainda os valores de carga térmica de aquecimento, novamente ocorreram valores muito próximos a zero alguns resultados negativos. Foram verificadas todas as planilhas de dados e recalculadas as unidades com o metamodelo, entretanto, os resultados se mantiveram. Optou-se por manter os valores negativos apresentados, o que pode representar uma limitação da metodologia.

Para edificação de bloco de concreto, os maiores valores de CgTTUH foram de 875,37 KWh/ano para Sala/Cozinha com fachada oeste, 284,99 KWh/ano para o dormitório 1 com fachada oeste e 249,32 KWh/ano para o dormitório 2 com fachada leste. O Gráfico 10 apresenta os valores de CgTTUH para cada ambiente, tipo de apartamento e orientação de fachada.

Gráfico 10 – CgTTUH do pavimento térreo – bloco de concreto.

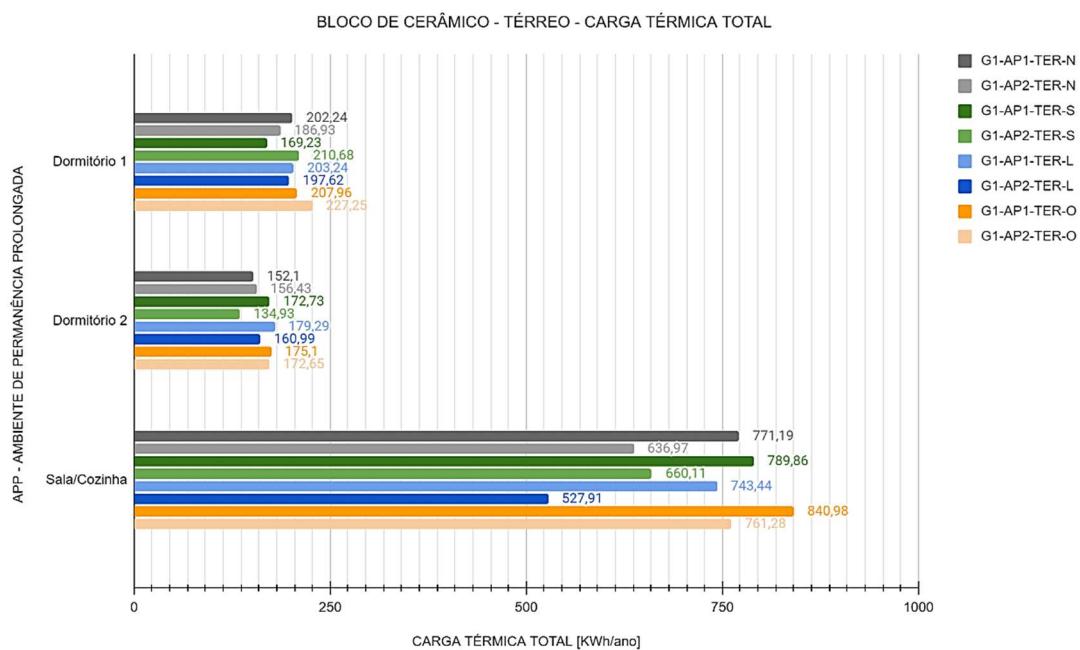


Fonte: A autora (2024).

Para o caso de edificação com envoltória de paredes em bloco cerâmico, os valores mais elevados de carga térmica total foram de 840,98 KWh/ano para Sala/Cozinha no apartamento tipo 1 e fachada oeste, de 227,25 KWh/ano para o dormitório 1 no apartamento tipo 2 e fachada oeste e de 179,29 KWh/ano para o dormitório 2 do apartamento tipo 1 e fachada leste. O Gráfico 11 apresenta os

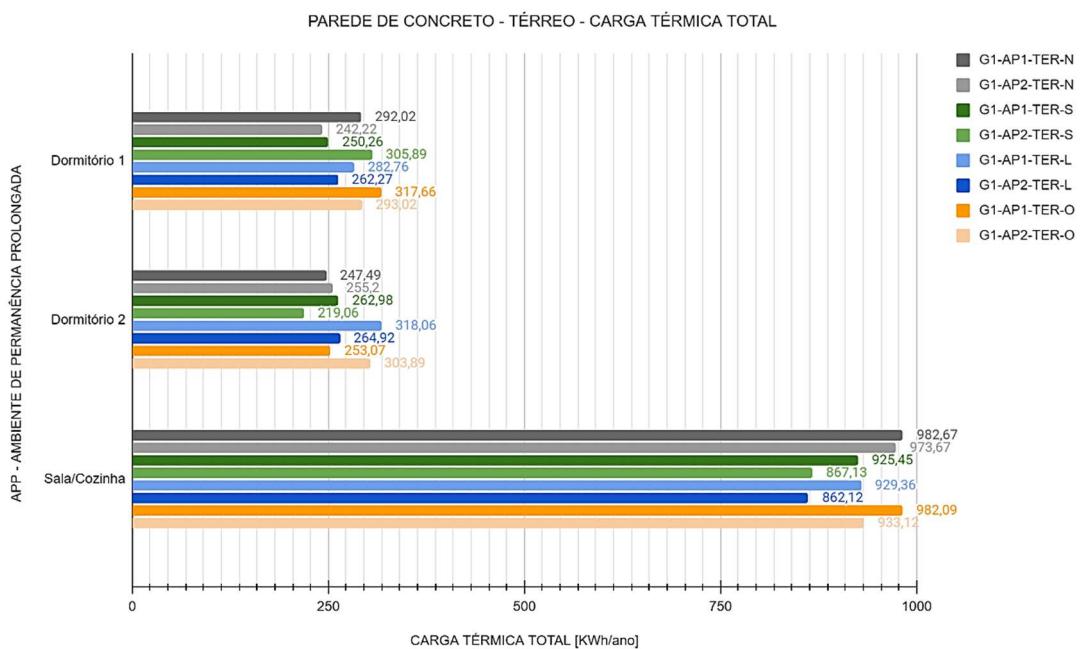
valores de $CgTT_{UH}$ para cada ambiente, tipo de apartamento e orientação de fachada.

Gráfico 11 – $CgTT_{UH}$ do pavimento térreo – bloco cerâmico.



Fonte: A autora (2024).

Na tipologia de paredes de concreto, os valores para carga térmica total anual máximos foram encontrados no apartamento tipo 1 com fachadas norte, leste e oeste. Para o ambiente de Sala/Cozinha, a $CgTT_{UH}$ foi de 982,67 KWh/ano com fachada para norte; para o dormitório 1 apresentou valor de 317,66 KWh/ano com fachada para oeste. Para o dormitório 2, o valor de $CgTT_{UH}$ foi de 318,06 KWh/ano para fachada leste. Para os três ambientes a carga térmica de resfriamento é a parcela de maior contribuição na carga total. Estes maiores valores encontrados para envoltória de paredes de concreto são também os maiores no comparativo das edificações por tipologia construtiva. O Gráfico 12 apresenta os valores de $CgTT_{UH}$ para cada ambiente, tipo de apartamento e orientação de fachada para paredes de concreto.

Gráfico 12 – CgTT_{UH} do pavimento térreo – parede de concreto.

Fonte: A autora (2024).

A Tabela 10 apresenta os maiores valores de carga térmica total no comparativo das tipologias construtivas para o pavimento térreo. Pode-se verificar que o sistema de paredes de concreto apresentou os valores mais elevados de carga térmica total e que estes valores variam entre ambiente e orientação de fachada. Em todos os casos, o apartamento tipo 1 apresentou os valores mais elevados, cuja arquitetura possui duas fachadas externas, ou seja, duas fachadas que recebem insolação.

Tabela 10 - Maiores valores de CgTT_{UH} - pavimento térreo.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	TIPOLOGIA DE PAREDE	APARTAMENTO TIPO	CARGA TÉRMICA TOTAL [KWh/ano]
Sala/Cozinha	Norte	Parede de concreto	1	982,67
Dormitório 1	Oeste	Parede de concreto	1	317,66
Dormitório 2	Leste	Parede de concreto	1	318,06

Fonte: A autora (2024).

4.3 VERIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA ZB5

De acordo com a NBR 15.220 (ABNT, 2005), são sugeridas as estratégias bioclimáticas para cidade em estudo: utilização de ventilação natural cruzada e aberturas médias para ventilação natural, sombreamento de aberturas, inércia térmica para aquecimento, utilização de paredes externas leves e refletoras e coberturas leves e isoladas.

A edificação deve proporcionar um ambiente interno com temperaturas confortáveis sem depender excessivamente de sistemas artificiais de aquecimento ou resfriamento. As estratégias bioclimáticas devem contribuir para a eficiência energética da edificação, reduzindo o consumo de energia para climatização e iluminação, considerando as características locais da sua implantação. A seguir são apresentadas as verificações e soluções arquitetônicas adicionais para aplicação das estratégias indicadas pela norma.

4.3.1 Ventilação cruzada e aberturas médias para ventilação natural

Para verificação da estratégia bioclimática de aberturas para ventilação, foram conferidas as áreas reais de ventilação por modelo de esquadria em cada um dos ambientes dos apartamentos dos modelos representativos, conforme apresentado na Tabela 11.

Aplicando-se o critério da Equação 3 pode-se verificar que as janelas e porta-janelas dos ambientes atendem ao critério de área mínima de 7% da área do piso. Nota-se, entretanto, que todos os ambientes possuem apenas uma fachada ventilada, sendo permitida a ventilação cruzada somente se as portas internas estiverem abertas.

Na condição de ventilação cruzada no mesmo ambiente, é possível adicionar janelas nos seguintes ambientes em paredes adjacentes:

- No dormitório 1 do apartamento tipo 1 (canto de torre), em ambos os grupos – figuras 20 e 21;
- No dormitório 2 do apartamento tipo 2 do grupo 1 – figura 22;
- Nos dormitórios 2 do apartamento tipo 2 do grupo 2 – figura 23.

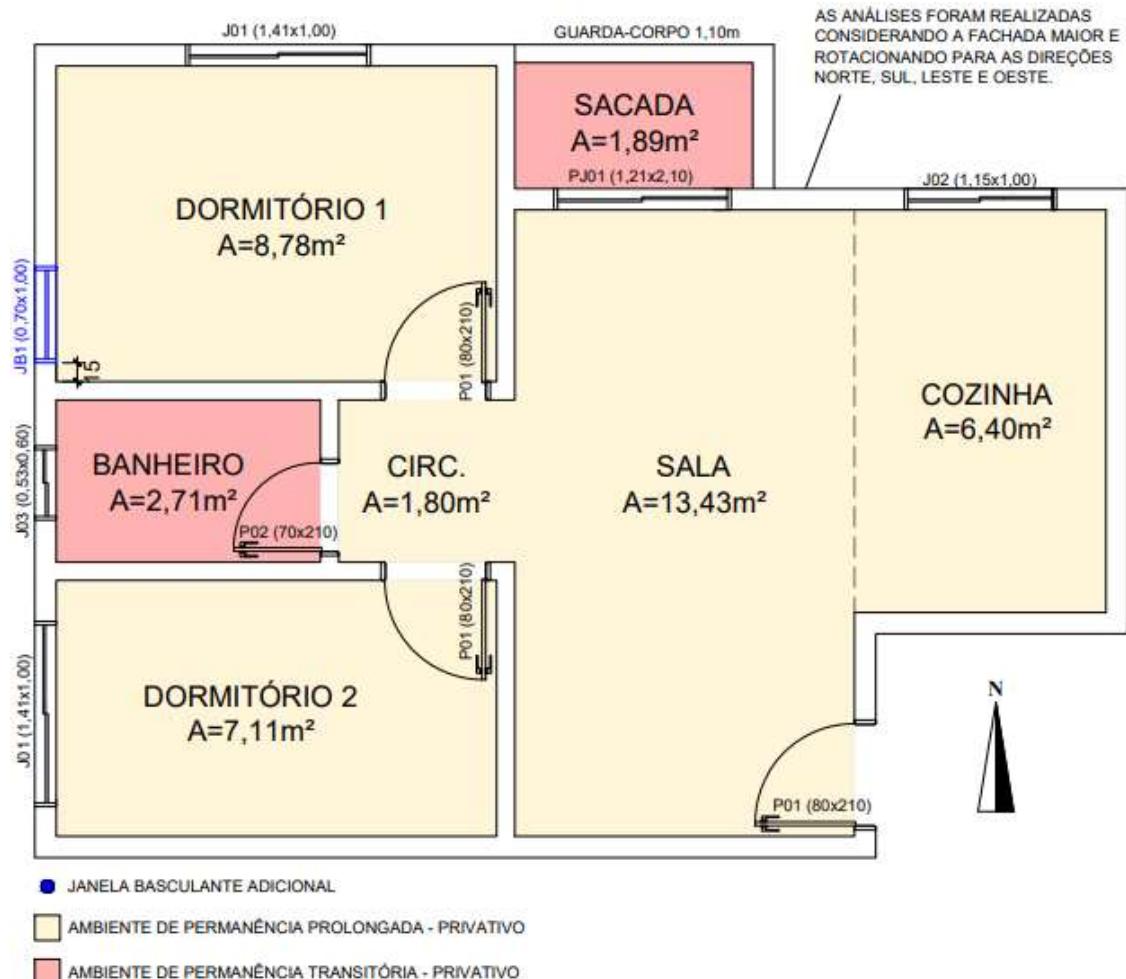
Tabela 11 – Aberturas para ventilação.

Condição para ZB5 - 7% da área do piso				
Ambiente	G1-AP1	G1-AP2	G2-AP1	G2-AP2
Dormitório 1	0,61	0,62	0,57	0,57
Dormitório 2	0,50	0,50	0,53	0,53
Sala/Cozinha	1,51	1,52	1,50	1,48

Área real de ventilação - 50% da área da esquadria (duas folhas de correr)				
Ambiente	G1-AP1	G1-AP2	G2-AP1	G2-AP2
Dormitório 1	0,71	0,71	0,88	0,88
Dormitório 2	0,71	0,71	0,88	0,88
Sala/Cozinha	1,85	1,85	2,00	2,00

Fonte: A autora (2024).

Figura 20 – Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 1, dormitório 1, apartamento tipo 1.



Fonte: A autora (2024).

A esquadria considerada para melhora na ventilação foi de modelo basculante, com a metade da área da janela existente e afastada 15cm da parede, permitindo ainda que se tenha espaço no ambiente para equipamentos e mobiliários. Este modelo de janela adicional permite até 50% de área de ventilação, considerados nos cálculos.

Nenhum dos ambientes dos apartamentos permite a colocação de janela adicional em parede oposta, devido a configuração da arquitetura, onde as paredes estão em divisa com outra unidade habitacional ou com a área comum da torre.

Para verificar o impacto da adição da esquadria no dormitório 1 para o grupo 1, foi selecionado entre os piores casos em termos de carga térmica total neste ambiente o apartamento com fachada para oeste e paredes compostas por bloco de concreto. O Quadro 14 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – bloco de concreto apresenta os resultados obtidos com esta modificação e comparando-se com os resultados anteriores, não houve alteração no nível de classificação da envoltória e houve pequena redução da carga térmica total dos ambientes.

A redução na carga térmica total do dormitório 1 foi 4,87 KWh/ano no térreo, de 3,01 KWh/ano no pavimento tipo e de 12,39 KWh/ano na cobertura. Para a unidade habitacional, esta redução de carga térmica total foi de 1,77 KWh/ano no térreo, de 0,35 KWh/ano no pavimento tipo e 10,62 KWh/ano na cobertura.

Observando a tabela de resultados, nota-se que a alteração em um ambiente impacta nos valores de cargas térmicas de aquecimento e resfriamento dos demais ambientes da unidade habitacional e, por isso, a redução na carga térmica total do apartamento é menor.

Para carga térmica de aquecimento houve acréscimo dos valores, entretanto, foram inferiores a 0,10 KWh/ano nos pavimentos tipo e térreo e na cobertura apresentou valor de 0,23 KWh/ano.

Quadro 14 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – bloco de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
BLOCO DE CONCRETO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 1					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	3,54	275,15	278,69	B
	Dormitório 2	2,65	214,4	217,05	
	Sala/Cozinha	-0,61	877,72	878,33	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	14,8	289,23	304,03	B
	Dormitório 2	11,78	231,32	243,1	
	Sala/Cozinha	3,09	795,33	798,42	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	28,37	340,85	369,22	C
	Dormitório 2	19,78	306,56	326,34	
	Sala/Cozinha	5,86	1634,82	1640,68	

Fonte: A autora (2024).

Para o bloco cerâmico, o Quadro 15 apresenta os resultados obtidos e não houve alteração do nível de etiquetagem. A diferença na carga térmica total do dormitório 1 de 3,71 KWh/ano no térreo, de 3,44 KWh/ano no pavimento tipo e de 11,59 KWh/ano na cobertura. Para unidade habitacional, o valor de $CgTT_{UH}$ reduziu em 9,33 KWh/ano no pavimento cobertura, de 3,44 KWh/ano no pavimento tipo e 3,78 KWh/ano no térreo.

Para o dormitório 1 no pavimento de cobertura a carga térmica de aquecimento aumentou em 0,61 KWh/ano nesta condição de adição de esquadria. Para o pavimento tipo e térreo a redução foi inferior a 0,2 KWh/ano.

Quadro 15 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – bloco cerâmico.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
BLOCO DE CERÂMICO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 1					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	3,88	200,3	204,18	A
	Dormitório 2	3,28	171,97	175,25	
	Sala/Cozinha	0,93	843,27	844,2	

(continua)

UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	15,76	228,77	244,53	B
	Dormitório 2	13,33	196,59	209,92	
	Sala/Cozinha	2,12	781,94	784,06	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	31,59	307,3	338,89	C
	Dormitório 2	21,27	309,34	330,61	
	Sala/Cozinha	4,18	1707,37	1711,55	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

Para verificar o impacto da adição da esquadria no dormitório 1 para o grupo 2, também foi selecionado o pior caso em termos de carga térmica total deste ambiente, com envoltória de paredes de concreto e fachada voltada para oeste, conforme representado na Figura 21.

O Quadro 16 apresenta os resultados obtidos com esta modificação e comparando-se aos resultados anteriores, não houve alteração no nível de classificação da envoltória. Quanto a redução da carga térmica total no dormitório 1 foi de 13,07 KWh/ano no térreo, de 10,95 KWh/ano no pavimento tipo e de 19,43 KWh/ano na cobertura. No mesmo ambiente, para carga térmica de aquecimento, houve reduções pequenas, menores que 0,30 KWh/ano em todos os pavimentos. Para unidade habitacional, as diferenças de $CgTT_{UH}$ foram de 10,53 KWh/ano, 8,93 KWh/ano e 19,10 KWh/ano, para térreo, tipo e cobertura respectivamente.

Quadro 16 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 1 – parede de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
PAREDE DE CONCRETO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 1					
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	9,57	295,02	304,59	B
	Dormitório 2	7,76	244,89	252,65	
	Sala/Cozinha	-1,72	983,33	985,05	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	26,09	294,28	320,37	C
	Dormitório 2	23,04	249,95	272,99	
	Sala/Cozinha	5,89	898,55	904,44	

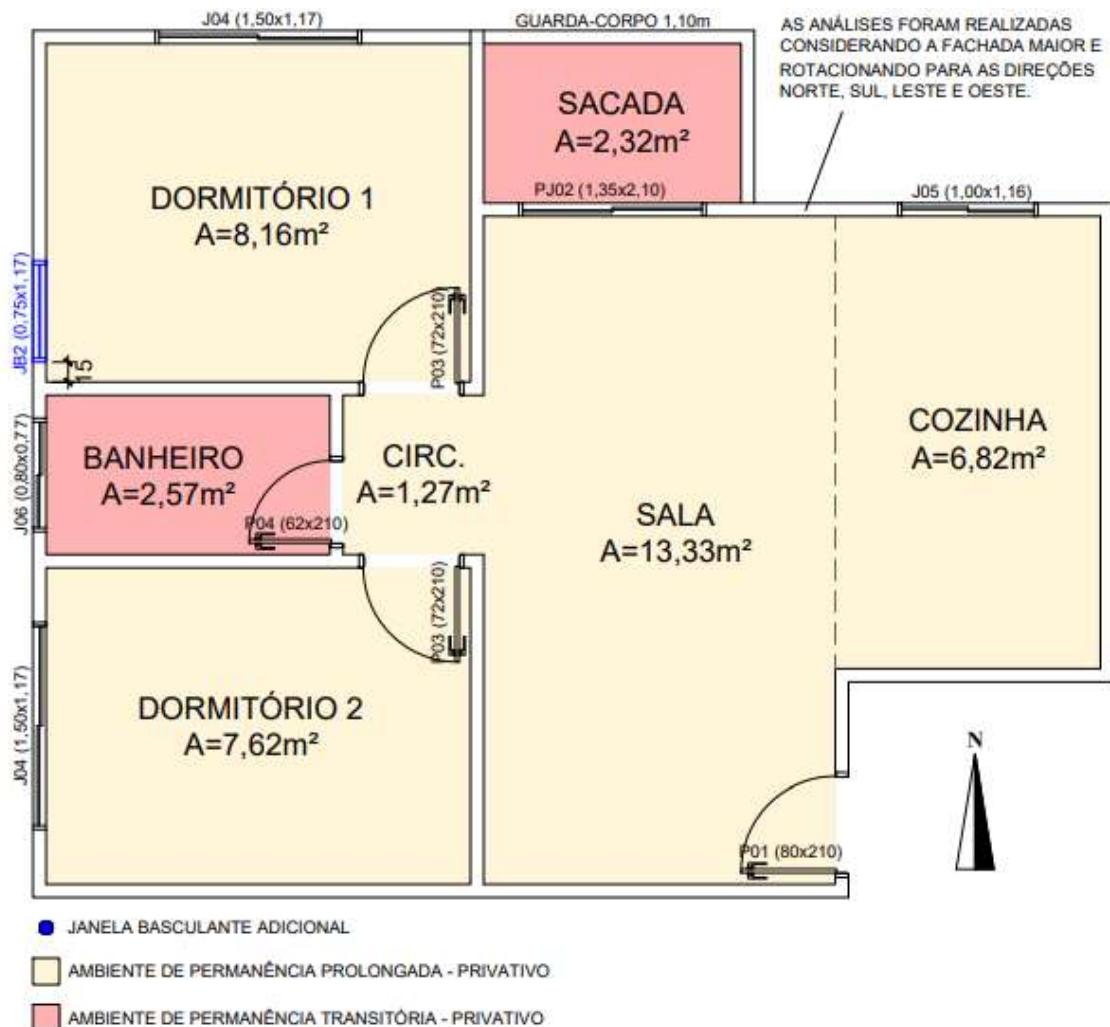
(continua)

UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	54,61	293,31	347,92	C
	Dormitório 2	43,87	302,36	346,23	C
	Sala/Cozinha	7,01	1631,47	1638,48	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

Figura 21 - Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 2, dormitório 1, apartamento tipo 1.

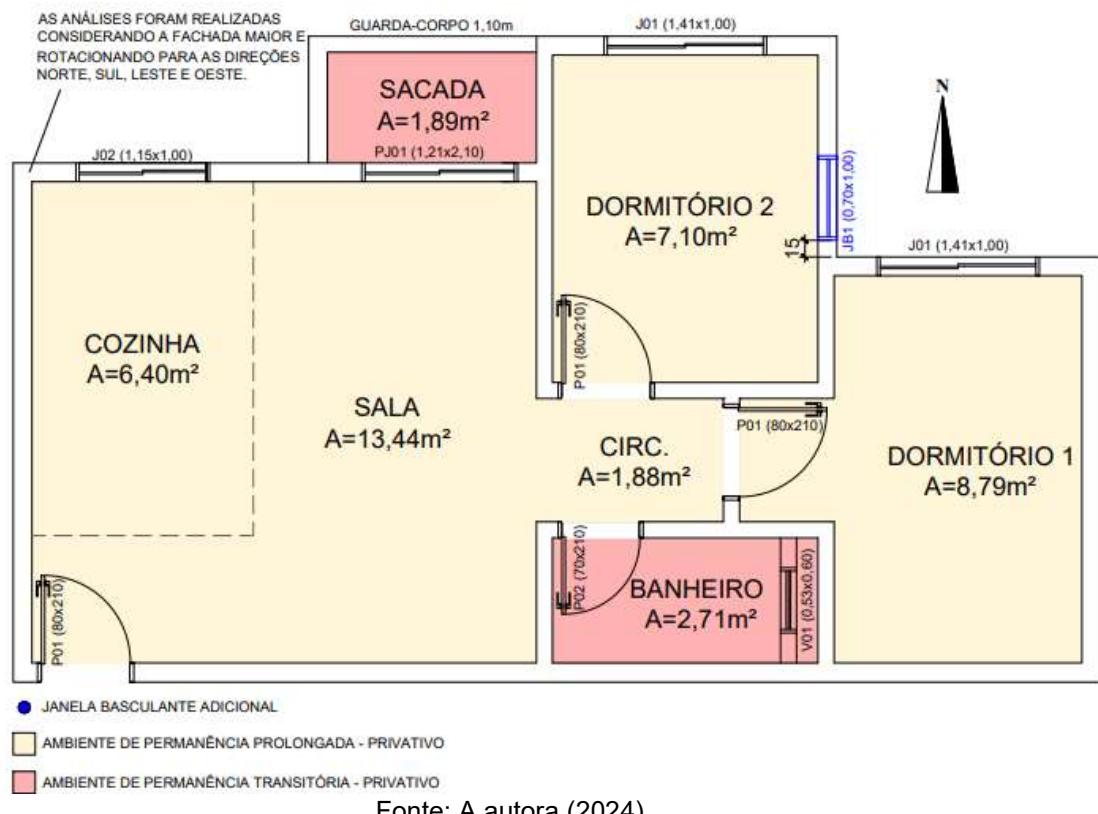


Fonte: A autora (2024).

Para verificação da adição de esquadria no dormitório 2, das unidades tipo 2, também foram analisadas as unidades de fachada oeste, que apresentaram carga térmica total mais elevada neste ambiente. A Figura 22 apresenta a posição da esquadria adicionada, com a metade da área da dimensão da esquadria existente, modelo basculante, para que se tenha melhora na ventilação, evitando o acréscimo de elementos transparentes em

demasia, além de permitir espaço de parede para instalação de equipamentos ou mobiliários no dormitório.

Figura 22 - Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 1, dormitório 2, apartamento tipo 2.



Fonte: A autora (2024).

Para edificação de bloco de concreto, a adição de esquadria no dormitório 2 apresentou reduções de cargas térmica, mas não apresentou alteração do nível de etiquetagem.

No dormitório 2 para o pavimento térreo a redução foi de 4,66 KWh/ano, para o tipo de 3,11 KWh/ano e para cobertura de 10,41 KWh/ano. Para o apartamento, considerando a CgTT_{UH} houve aumento no térreo em 1,86 KWh/ano no térreo e de 2,68 KWh/ano no pavimento tipo.

A cobertura apresentou redução de carga térmica total em 3,78 KWh/ano. O Quadro 17 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – bloco de concreto apresenta os resultados obtidos com esta modificação para o sistema construtivo de bloco de concreto.

Quadro 17 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – bloco de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
BLOCO DE CONCRETO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 2					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	2,06	282,54	284,6	B
	Dormitório 2	1,47	227,5	228,97	
	Sala/Cozinha	0	832,48	832,48	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	11,22	287,93	299,15	B
	Dormitório 2	9,07	239,94	249,01	
	Sala/Cozinha	4,86	795,42	800,28	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	22,95	417,43	440,38	C
	Dormitório 2	18,79	272,27	291,06	
	Sala/Cozinha	6,42	1679,1	1685,52	

Fonte: A autora (2024).

Para o sistema em bloco cerâmico, houve alteração do nível de classificação da envoltória apenas no pavimento tipo e as reduções de carga térmica total do dormitório 2 foram de 3,71 KWh/ano, 3,33 KWh/ano e 9,52 KWh/ano para o térreo, tipo e cobertura respectivamente.

A diferença para carga de aquecimento foram pequenas para o dormitório 2, sendo inferiores a 0,7 KWh/ano em todos os pavimentos. Para unidade habitacional, houve aumento de $CgTT_{UH}$ no valor de 2,03 KWh/ano no térreo e de 1,73 KWh/ano no pavimento tipo. Na cobertura houve redução de 2,24 KWh/ano.

Quadro 18 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – bloco cerâmico

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
BLOCO CERÂMICO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 2					
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	1,98	225,14	227,12	E
	Dormitório 2	2,1	166,84	168,94	
	Sala/Cozinha	1,15	766	767,15	

(continua)

UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	9,89	242,61	252,5	C
	Dormitório 2	10,13	190,99	201,12	
	Sala/Cozinha	3,07	744,53	747,6	
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	23,79	409	432,79	C
	Dormitório 2	21,22	249,47	270,69	
	Sala/Cozinha	4,42	1763,09	1767,51	

(conclusão)

Fonte: A autora (2024).

Tendo em vista a classificação baixa da unidade voltada para oeste, em nível “E”, foram testadas tipologias de vidro com melhores desempenhos, chegando ao nível de classificação “A”. Neste caso, percebeu-se que a alteração de tipologia de vidro resultou em melhor desempenho do que a adição de uma esquadria no ambiente, conforme apresentado no Quadro 19.

Quadro 19 – Alteração de tipologia de vidro – AP2 oeste em bloco cerâmico

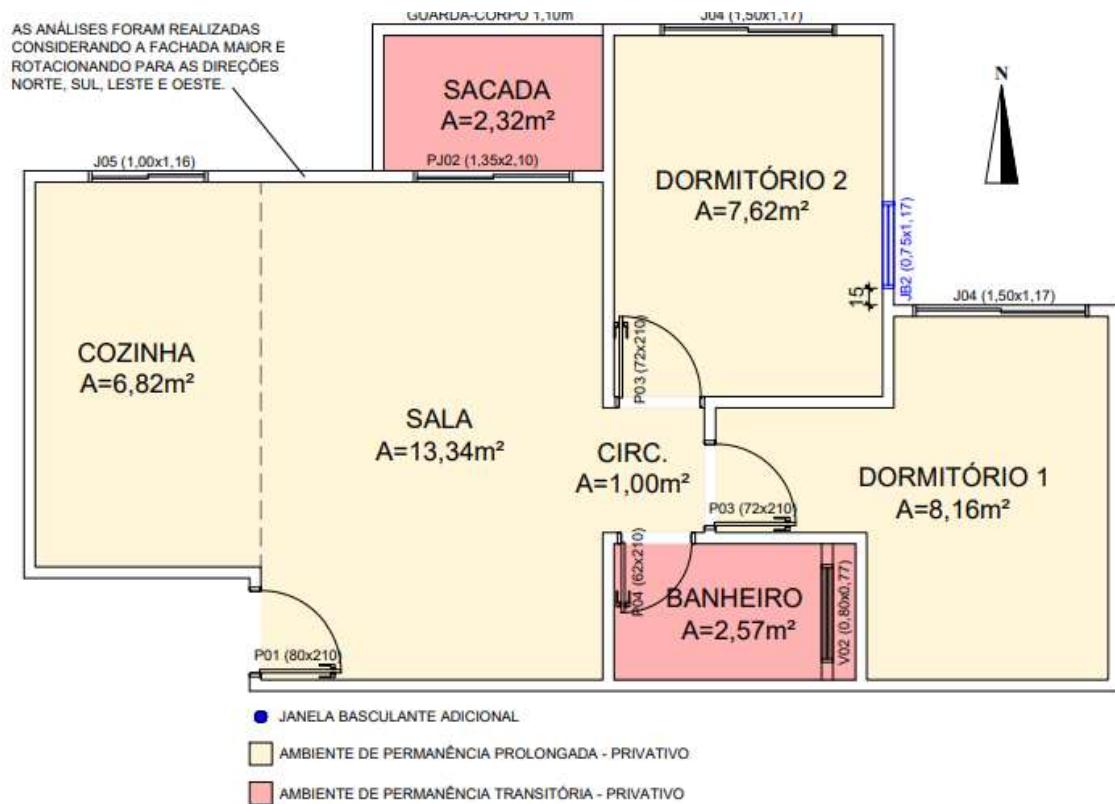
Tipo de vidro	Transmitância térmica [W/m ² K]	Fator solar	Classificação da envoltória
Vidro simples incolor 6mm	5,700	0,870	E
Monolítico 6mm incolor	5,745	0,694	A
Laminado 8mm incolor	5,700	0,570	A

Fonte: A autora (2024).

Para o sistema em paredes de concreto, as reduções de carga térmica total do dormitório 2 foram de 13,63 KWh/ano, 11,59 KWh/ano e 19,27 KWh/ano para o térreo, tipo e cobertura respectivamente, não havendo alteração no selo de classificação da edificação.

Para unidade habitacional, a redução de CgTT_{UH} foi de 13,61 KWh/ano no térreo, 8,50 KWh/ano no pavimento tipo e de 14,57 KWh/ano na cobertura. A carga térmica de aquecimento no ambiente de dormitório 2 reduziu em 0,34 KWh/ano, 0,78 KWh/ano e 0,86 KWh/ano, nos pavimentos térreo, tipo e cobertura respectivamente. Os resultados obtidos com a adição da esquadria no dormitório 2 são apresentados no Quadro 20.

Figura 23 – Janela adicional para ventilação cruzada – Grupo 2, dormitório 2, apartamento tipo 2.



Fonte: A autora (2024).

Quadro 20 - Cargas térmicas e classificação da envoltória com adição de janela no dormitório 2 – parede de concreto.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO [kWh/ano]	CARGA TÉRMICA TOTAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL / COM VENTILAÇÃO CRUZADA
PAREDE DE CONCRETO – APÓS ADIÇÃO DE JANELA NO DORMITÓRIO 2					
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	6,89	284,75	291,64	B
	Dormitório 2	5,87	284,39	290,26	
	Sala/Cozinha	-1,9	936,42	934,52	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - PAVIMENTO TIPO - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	20,92	259,9	280,82	C
	Dormitório 2	19,38	283,47	302,85	
	Sala/Cozinha	5,24	859,18	864,42	
UNIDADE: GRUPO 2 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE					
OESTE	Dormitório 1	41,18	362,29	403,47	C
	Dormitório 2	43,44	275,9	319,34	
	Sala/Cozinha	6,21	1602,64	1608,85	

Fonte: A autora (2024).

Pode-se verificar que as maiores reduções de carga térmica total ocorreram na tipologia de paredes de concreto, entretanto, não foram suficientes para alteração de nível de etiquetagem da envoltória. Para as tipologias de bloco de concreto e cerâmico, ocorreram aumento de cargas térmicas para os pavimentos tipo e térreo ao se adicionar a esquadria no dormitório 2, sendo somente positiva a alteração no pavimento de cobertura. Também se nota que a alteração no dormitório 1 não representou valores expressivos de redução, sendo em sua maioria inferiores a 10 KWh/ano.

Os quadros 21 até 23 apresentam os resumos dos resultados de redução de carga térmica total para unidade habitacional de cada tipo de apartamento e tipologia construtiva. Os valores negativos dos quadros representam as unidades que tiveram aumento na carga térmica total, após o cálculo da diferença do modelo original para aquele com a adição da esquadria.

Quadro 21 - Resumo dos valores de redução de $CgTT_{UH}$ e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Bloco de concreto.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução $CgTT_{UH}$ [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com adição de esquadria
Tipo 1	Térreo	1,77	B	B
	Tipo	0,35	B	B
	Cobertura	10,62	C	C
Tipo 2	Térreo	-1,86	B	B
	Tipo	-2,68	B	B
	Cobertura	3,78	C	C

Fonte: A autora (2024).

Quadro 22 - Resumo dos valores de redução de CgTTUH e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Bloco cerâmico.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com adição de esquadria
Tipo 1	Térreo	3,78	A	A
	Tipo	3,44	B	B
	Cobertura	9,33	C	C
Tipo 2	Térreo	-2,03	E	E
	Tipo	-1,73	C	B
	Cobertura	2,24	C	C

Fonte: A autora (2024).

Quadro 23 - Resumo dos valores de redução de CgTTUH e classificação da envoltória com adição de janelas nos dormitórios 1 e 2 – Parede de concreto.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com adição de esquadria
Tipo 1	Térreo	10,53	B	B
	Tipo	8,93	C	C
	Cobertura	19,10	C	C
Tipo 2	Térreo	13,61	B	B
	Tipo	8,50	C	C
	Cobertura	14,57	C	C

Fonte: A autora (2024).

4.3.2 Sombreamento das aberturas

Para aplicação da estratégia bioclimática de sombreamento das aberturas, conforme indicação da NBR 15575-4, foram calculados inicialmente a porcentagem de elementos transparentes por fachada em cada ambiente e tipologia de apartamento, nos grupos 1 e 2, apresentado no Quadro 24.

Quadro 24 - Percentual de elementos transparentes.

Grupo / Apartamento tipo	Ambiente	Esquadria	Área de elementos transparentes [m ²]	Área da parede de fachada [m ²]	Pt, APP [%]
Grupo 1 / AP1	Dormitório 1	J01	1,41	9,45	14,92
	Dormitório 2	J01	1,41	5,48	25,73
	Sala/Cozinha	PJ01 e J02	3,69	12,69	29,08
Grupo 1 / AP2	Dormitório 1	J01	1,41	6,05	23,31
	Dormitório 2	J01	1,41	6,48	21,76
	Sala/Cozinha	PJ01 e J02	3,69	12,31	29,98
Grupo 2 / AP1	Dormitório 1	J04	1,75	8,64	20,25
	Dormitório 2	J04	1,75	6,43	27,22
	Sala/Cozinha/Cozinha	PJ02 e J05	4,00	12,56	31,85
Grupo 2 / AP2	Dormitório 1	J04	1,75	5,13	34,11
	Dormitório 2	J04	1,75	6,43	27,22
	Sala/Cozinha	PJ02 e J05	4,00	13,58	29,46

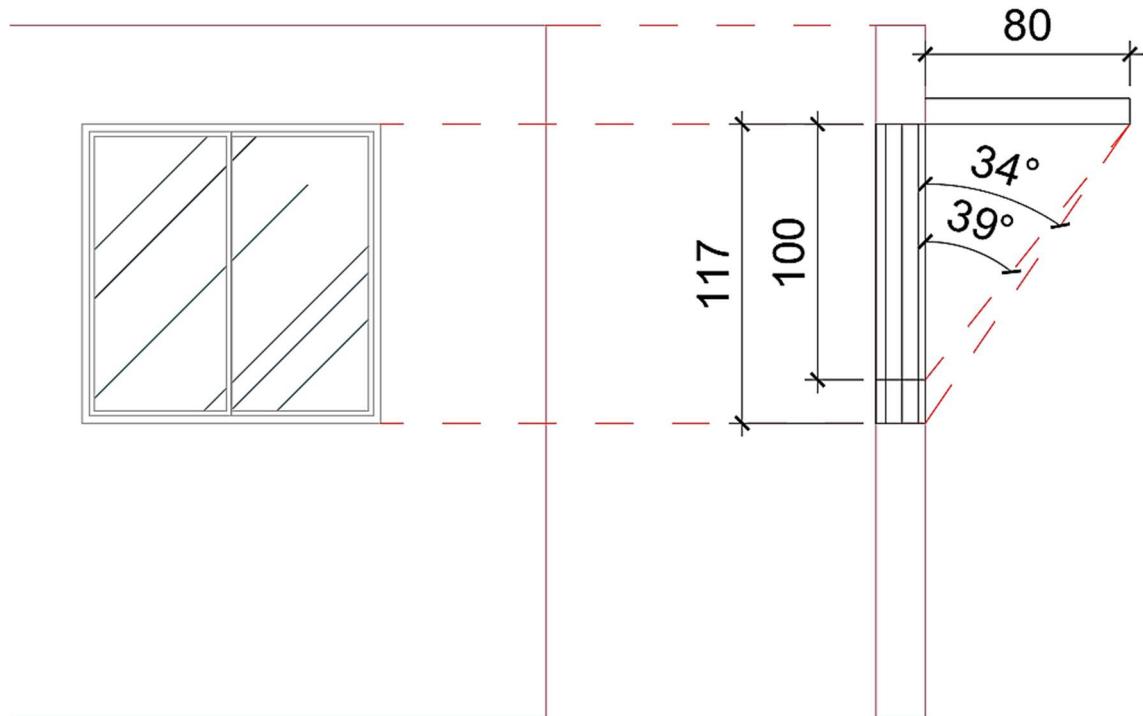
Fonte: A autora (2024).

Pode-se verificar que a maior parte das unidades apresenta percentual de elementos transparentes maior que 20% e algumas unidades apresentam valores superiores a 30%.

Para aplicação da estratégia de sombreamento das aberturas, podem ser utilizados diferentes dispositivos arquitetônicos para controlar a quantidade de luz e calor transmitido do ambiente externo para o interno, como, por exemplo: janelas com venezianas, brises horizontais ou verticais, persianas integradas ou internas, películas e marquises ou beirais.

Desta forma e considerando a padronização como premissa da edificação, foram considerados beirais de laje acima das esquadrias com 80cm, formando assim um ângulo mínimo de 34°, a depender da altura da esquadria analisada. A Figura 24 apresenta o exemplo das esquadrias de dormitório para os grupos 1 e 2 com a utilização do beiral de laje e ângulo vertical de sombreamento formado.

Figura 24 – Ângulo vertical de sombreamento com uso de beiral de laje



Fonte: A autora (2024).

Para verificação da aplicação da estratégia bioclimática de sombreamento com utilização de beiral, foram analisadas todas as tipologias construtivas voltadas para fachada oeste. Os quadros 25 a 27 apresentam os resultados de redução da carga térmica total e classificação da envoltória, para edificações em bloco de concreto, bloco cerâmico e parede de concreto respectivamente.

Pode-se verificar que em todos os casos houve redução de $CgTT_{UH}$ e em algumas unidades habitacionais houve melhoria na classificação da envoltória pela metodologia da INI-R. Para tipologia de bloco de concreto a maior redução ocorreu no pavimento térreo, atingindo no apartamento tipo 1 a classificação nível A. Demais unidades em bloco de concreto não tiveram alteração de nível de etiquetagem, porém, ainda assim houve redução significativa de $CgTT_{UH}$.

Quadro 25 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – bloco de concreto.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com beiral de laje
Tipo 1	Térreo	287,75	B	A
	Tipo	231,43	B	B
	Cobertura	245,05	C	C
Tipo 2	Térreo	330,42	B	B
	Tipo	281,86	B	B
	Cobertura	261,60	C	C

Fonte: A autora (2024).

Para bloco cerâmico, as unidades tipo 2 nos pavimentos térreo e tipo atingiram nível A de classificação com a utilização de sombreamento das aberturas com beiral de laje. A maior redução em termos de carga térmica total ocorreu no pavimento térreo, reduzindo em 229,66 KWh/ano no apartamento tipo 1 e 300,93 KWh/ano no apartamento tipo 2, o qual passou de classe E para A, comprovando a melhoria significativa de desempenho da unidade.

Quadro 26 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – bloco cerâmico.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com beiral de laje
Tipo 1	Térreo	229,66	A	A
	Tipo	186,23	B	B
	Cobertura	248,56	C	C
Tipo 2	Térreo	300,93	E	A
	Tipo	254,74	C	A
	Cobertura	303,88	C	C

Fonte: A autora (2024).

Para a edificação em parede de concreto, três unidades subiram de classificação, sendo estas o tipo 1 nos pavimentos térreo e tipo e do tipo 2 no pavimento tipo, conforme apresentado no Quadro 27. A maior redução de CgTTUH ocorreu no apartamento tipo 1 do térreo com 276,68 KWh/ano.

Quadro 27 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de beiral de laje – parede de concreto.

Unidade Habitacional	Pavimento	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com beiral de laje
Tipo 1	Térreo	276,68	B	A
	Tipo	231,93	C	B
	Cobertura	233,25	C	C
Tipo 2	Térreo	224,52	B	B
	Tipo	182,32	C	B
	Cobertura	234,66	C	C

Fonte: A autora (2024).

Para todas as tipologias construtivas, pode-se observar também que houve incremento nas cargas de aquecimento, porém, a redução da carga térmica de resfriamento foi superior, tornando a aplicação da estratégia vantajosa para fachada oeste. Ressalta-se que parte das unidades alcançaram um melhor nível do selo pela metodologia da INI-R, conforme apresentado nos quadros resumidos.

4.3.3 Inércia térmica para aquecimento

Para inércia térmica para aquecimento seria necessário o aumento de espessuras das paredes da edificação, entretanto, o próprio comparativo de desempenho entre os dois grupos já apresenta resultados que podem ser analisados sem aplicação de nova alteração. Pode-se identificar os melhores resultados de carga térmica nas edificações do grupo 1, cujas envoltórias apresentam espessura de paredes de 14 a 17cm. Em contrapartida, o grupo 2, composto por envoltória de paredes de concreto de 10cm, apresentou os maiores valores de carga térmica total e maior número de unidades habitacionais com classificação abaixo do nível B pela metodologia da INI-R.

Desta forma, optou-se por não aplicar uma espessura de paredes superior àquelas já previstas nos modelos representativos, pois esta estratégia geraria um custo construtivo elevado e dificilmente seria aplicado pelas construtoras em edificações padronizadas e populares.

4.3.4 Paredes externas leves e refletoras

Para a estratégia bioclimática de paredes externas leves e refletoras foram verificados os valores de transmitância térmica e atraso térmico conforme indicado pela NBR 15.220-3. Para a absorção da parede externa, em todas as edificações foi considerado valor de 0,4, sendo este um valor intermediário dentro dos limites de aplicação do método simplificado e que corresponde a pintura de cor verde clara, por exemplo.

Para as variáveis de atraso térmico e transmitância térmica de paredes foi elaborada a Tabela 12 – Verificação do atendimento a NBR 15.220-3 pelas edificações representativas nas variáveis de atraso e transmitância térmica onde nota-se que apenas a edificação composta por paredes de concreto não atende ao critério da norma para transmitância térmica. Para ajuste desta condição seria necessário acréscimo de espessura ou alteração de material para alcançar ao valor mínimo de transmitância de 3,60 W/m²K.

Tabela 12 – Verificação do atendimento a NBR 15.220-3 pelas edificações representativas nas variáveis de atraso e transmitância térmica.

TIPO DE PAREDE	ATRASO TÉRMICO [horas]	ATENDE NORMA $\leq 4,30$	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA [W/m ² .K]	ATENDE NORMA $\leq 3,60$
Parede de bloco de concreto	4,30	Sim	2,80	Sim
Parede de bloco cerâmico	2,70	Sim	2,00	Sim
Parede de concreto	3,40	Sim	3,90	Não

Fonte: A autora (2024).

4.3.5 Cobertura leve e isolada

Para todas as edificações, originalmente foi considerada a mesma composição de cobertura, com laje maciça de concreto de 10cm, câmara de ar maior que 5cm e telha de fibrocimento de 8mm, comumente aplicadas em construções deste padrão. Com a aplicação desta telha, o valor da absorção da cobertura adotado foi de 0,7. Nesta composição, os valores de transmitância

térmica e atraso térmico excedem ao previsto na NBR 15.220-3 de 2,00 W/m². K e 3,30h, respectivamente.

Para gerar o menor impacto possível de alteração na padronização da edificação e no custo construtivo, a primeira sugestão de alteração que se propõe é a do valor de absorância da cobertura, que implicaria na pintura do telhado para uma cor clara, aqui considerada na cor branca ($\alpha = 0,2$). Com este ajuste, todas as unidades dos grupos 1 e 2 elevariam seu nível de etiquetagem de nível C para A e reduziriam significativamente os valores de cargas térmicas totais, conforme apresentado no Quadro 28, para os casos de fachada oeste.

Quadro 28 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização $\alpha=0,2$ em fachada oeste.

Unidade Habitacional	Tipologia	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com adição de esquadria
Tipo 1	Bloco de concreto	996,79	C	A
	Bloco cerâmico	1154,06	C	A
	Parede de concreto	863,86	C	A
Tipo 2	Bloco de concreto	1075,83	C	A
	Bloco cerâmico	1249,73	C	A
	Parede de concreto	887,87	C	A

Fonte: A autora (2024).

Ressalta-se, entretanto, que para pintura de telhado deve ser aplicado material de alto desempenho e resistência a intempéries, uma vez que a manutenção de telhado não é uma atividade recorrente em condomínios residenciais.

A segunda proposta de alteração na envoltória da cobertura é a substituição da tipologia de telha para um modelo de melhor desempenho. Foi selecionada a opção de composição com aplicação de telha metálica com poliuretano em camada de 4cm, cuja transmitância térmica é bastante inferior ao modelo original de telha de fibrocimento e o atraso térmico chega a 12,6h comparados aos 5,10h anteriores. O Quadro 29 apresenta as tipologias de coberturas, suas composições e características para comparação.

Quadro 29 – Tipologias de coberturas e características de suas composições.

Características	Tipologia	
Composição	Laje maciça 10cm + Câmara de ar > 5,0cm + Telha fibrocimento 0,8cm	Laje maciça 10cm + Câmara de ar > 5,0cm + telha metálica com poliuretano 4cm
Ilustração		
Resistência térmica [m².K/W]	0,48	1,82
Transmitância [W/m².K]	2,06	0,55
Atraso térmico [h]	5,10	12,6
Capacidade térmica [KJ/m².K]	233	230

Fonte: MME (2024).

Recalculando as unidades de fachada oeste com a utilização da telha metálica, também foram atingidos os níveis superiores de etiquetagem em todas as unidades, conforme apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 – Diferença dos valores de cargas térmicas e classificação da envoltória com utilização de telha metálica com poliuretano em fachada oeste.

Unidade Habitacional	Tipologia	Redução CgTTUH [KWh/ano]	Classificação da UH anterior	Classificação da UH com adição de esquadria
Tipo 1	Bloco de concreto	1023,90	C	A
	Bloco cerâmico	1189,55	C	A
	Parede de concreto	1007,02	C	A
Tipo 2	Bloco de concreto	1057,55	C	A
	Bloco cerâmico	1252,06	C	A
	Parede de concreto	1072,61	C	A

Fonte: A autora (2024).

Como a alteração de tipologia de telha resultou em melhores reduções de carga térmica total, esta foi a opção adotada, visando o melhor desempenho da

edificação. A seguir são apresentados os resultados detalhados com a aplicação desta estratégia bioclimática para bloco de concreto, bloco cerâmico e parede de concreto.

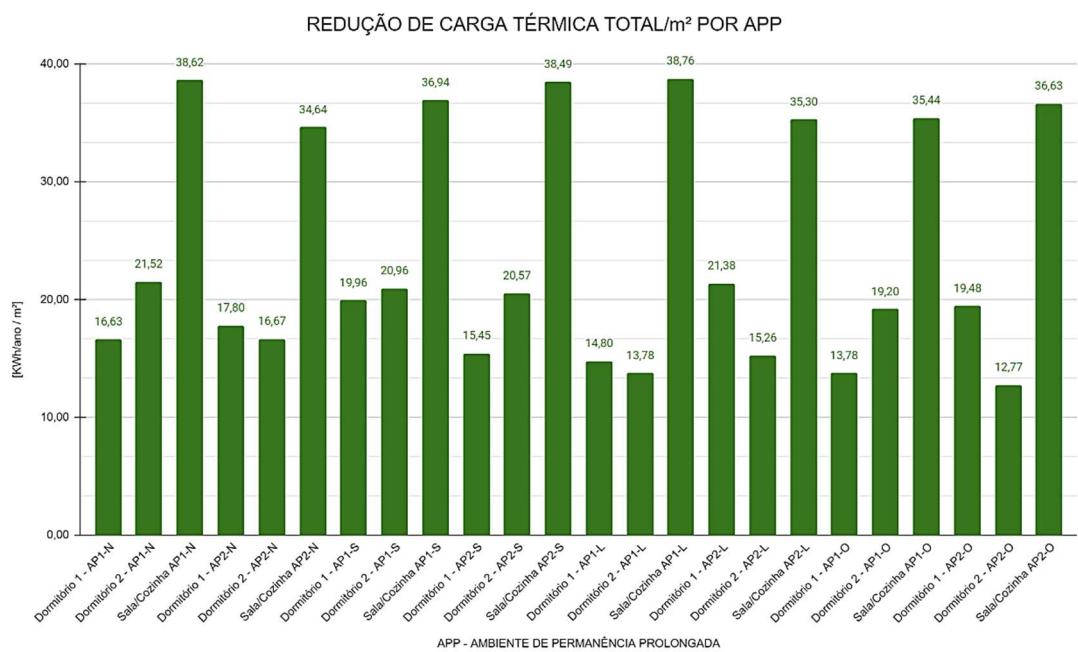
4.3.5.1 Resultados para cobertura de edificação em bloco de concreto

Para tipologia de bloco de concreto, o ajuste de tipologia de telha apresentou redução das cargas térmicas totais em todas as unidades habitacionais e para o comparativo dos ambientes em diferentes orientações, foi elaborado o Gráfico 13, onde são apresentados os valores de redução de $CgTT_{UH}$ por metro quadrado, assim, é possível comparar os resultados de maneira igualitária, mesmo que os ambientes tenham áreas diferentes. O eixo horizontal do gráfico apresenta cada ambiente, tipologia de apartamento e orientação de fachada.

Pode-se observar que em todas as direções e tipologias de apartamentos, o índice de redução de carga térmica anual foi superior no ambiente de Sala/Cozinha e, em todos os casos, superior a 34 KWh/ano/m², sendo o maior valor de 38,76 KWh/ano/m² no apartamento tipo 1 e fachada leste. O menor valor para este ambiente ocorreu no apartamento tipo 2, fachada norte, com 34,64 KWh/ano/m².

Para o ambiente de dormitório 1, a maior redução ocorreu no apartamento tipo 2 e fachada leste, com valor de 21,38 KWh/ano/m². A menor redução apresentou valor de 13,78 KWh/ano/m², no tipo 1 e fachada oeste. Para o dormitório 2, o maior valor ocorreu para o apartamento tipo 1 e fachada norte com 21,52 KWh/ano/m², enquanto o menor valor apresentado foi no apartamento tipo 2 e fachada oeste 12,77 KWh/ano/m².

Gráfico 13 – Índice de redução de CgTT_{UH} por ambiente – bloco de concreto.

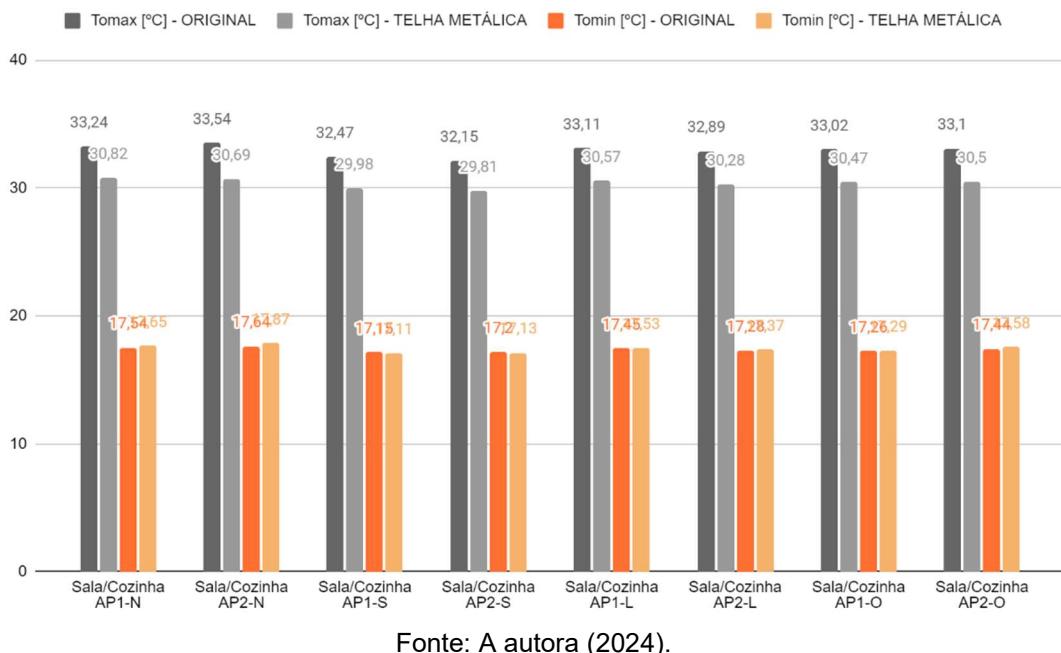


Fonte: A autora (2024).

Em termos de temperaturas máximas para cada ambiente analisado pode-se observar que em todos os casos houve redução após a consideração de alteração para telha metálica com poliuretano. Para as temperaturas mínimas, os valores se mantiveram próximos ao da edificação original, o que reflete em um aspecto positivo, pois não aumenta a necessidade de aquecimento da unidade habitacional por desconforto ao frio.

Para ambiente de Sala/Cozinha, a maior redução na temperatura máxima ocorreu no apartamento tipo 2 à norte, diferenciando em 2,85°C e impactando positivamente, pois resulta na redução de energia gasta para resfriamento do ambiente em períodos mais quentes. O Gráfico 14 apresenta os resultados de temperaturas máximas e mínimas para a Sala/Cozinha, ilustrando a redução dos valores da edificação original inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A” com telha metálica.

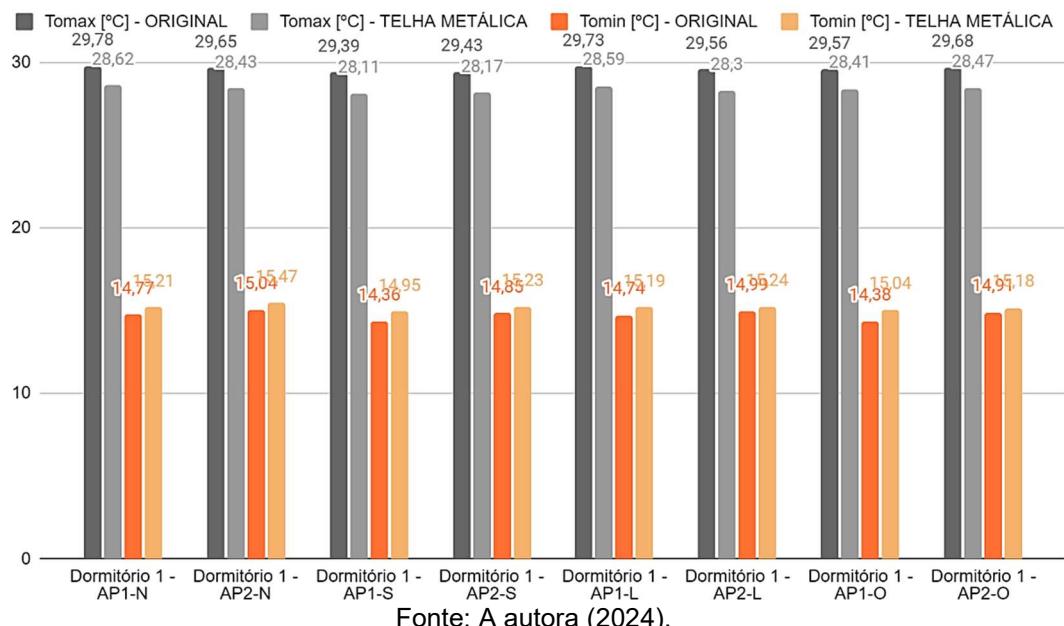
Gráfico 14 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – bloco de concreto.



Fonte: A autora (2024).

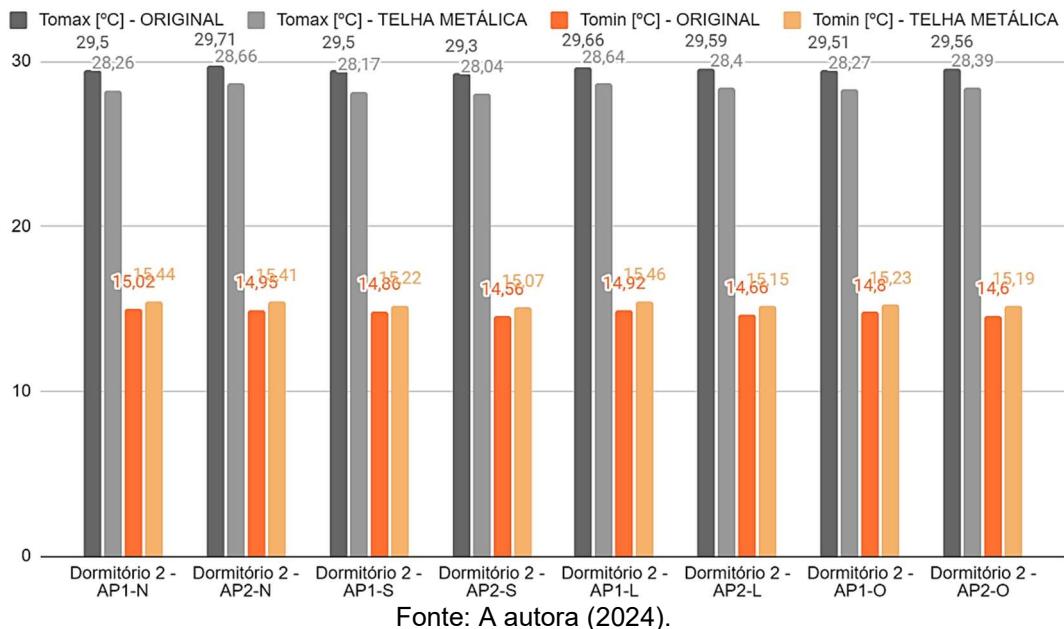
Para os dormitórios 1 e 2, os maiores valores de redução da temperatura máxima ocorreram no apartamento tipo 1 a sul, diferenciando em 1,28º C e 1,33º C, respectivamente. Os gráficos 15 e 16 apresentam os resultados de temperaturas máximas e mínimas para estes ambientes, ilustrando a redução dos valores da edificação original inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A” com telha metálica. Foi possível verificar que nos dormitórios as temperaturas mínimas aumentaram após a consideração de telha com poliuretano, o que auxilia na manutenção do conforto térmico em estações mais frias.

Gráfico 15 - Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – bloco de concreto.



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 16 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – bloco de concreto



Fonte: A autora (2024).

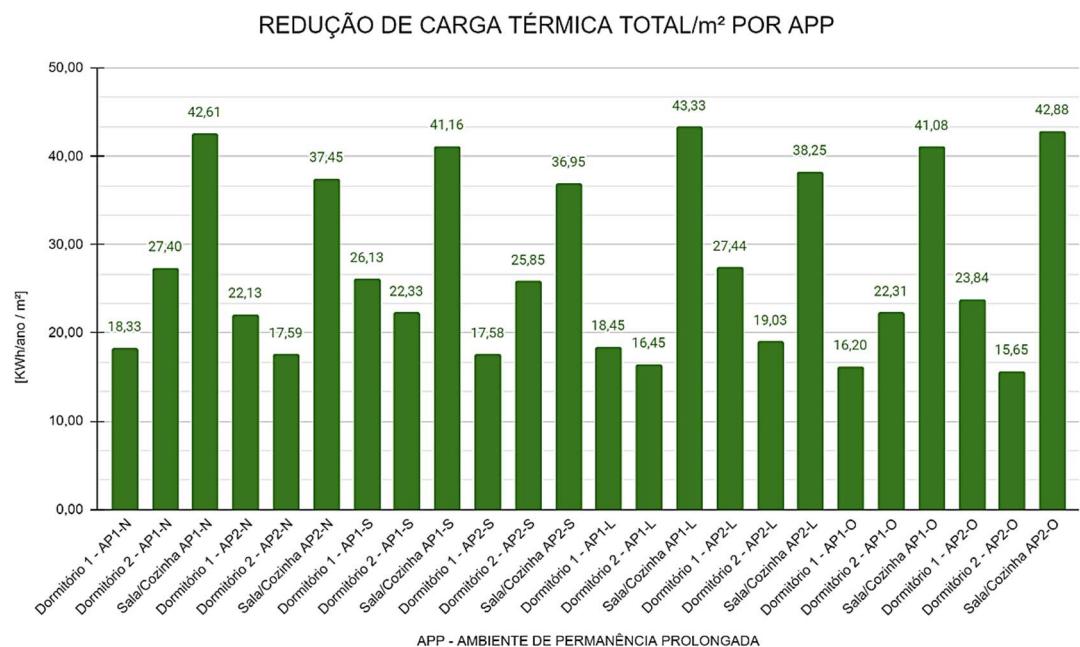
4.3.5.2 Resultados para cobertura em edificação em bloco cerâmico

Para envoltória de paredes em bloco cerâmico, o ajuste de tipologia de telha também apresentou redução das cargas térmicas totais em todas as

unidades habitacionais e para o comparativo dos ambientes em diferentes orientações, foi elaborado o Gráfico 17, onde são apresentados os valores de redução de $CgTT_{UH}$ por área. Pode-se observar que em todas as direções e tipologias de apartamentos, o índice de redução de carga térmica anual foi superior no ambiente de Sala/Cozinha e, em todos os casos, superior a 36 KWh/ano/m², sendo o maior valor de 43,33 KWh/ano/m² no apartamento tipo 1 e fachada voltada para leste. O menor valor para este ambiente ocorreu no apartamento tipo 2 com fachada sul, totalizando 36,95 KWh/ano/m².

Para o ambiente de dormitório 1, a maior redução ocorreu no apartamento tipo 2 e fachada leste, com valor de 27,44 KWh/ano/m². A menor redução apresentou valor de 16,20 KWh/ano/m², no tipo 1 e fachada oeste. Para o dormitório 2, o maior valor ocorreu para o apartamento tipo 1 e fachada norte com 27,40 KWh/ano/m², enquanto o menor valor apresentado foi no apartamento tipo 2 e fachada oeste com 15,65 KWh/ano/m².

Gráfico 17 – Índice de redução de $CgTT_{UH}$ por ambiente – bloco cerâmico.



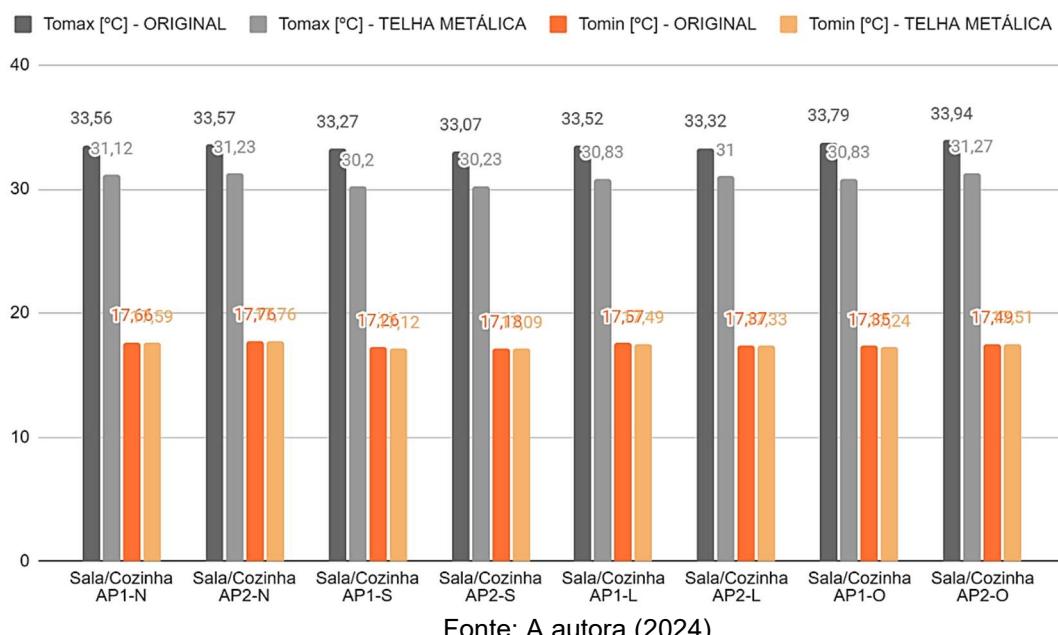
Fonte: A autora (2024).

Para as temperaturas máximas em cada ambiente analisado pode-se observar que em todos os casos houve redução após a consideração de alteração para telha metálica com poliuretano. Para as temperaturas mínimas, os valores se mantiveram próximos ao da edificação original no ambiente de

Sala/Cozinha e aumentaram nos dormitórios, o que reflete em um aspecto positivo, pois não aumenta a necessidade de aquecimento da unidade habitacional por desconforto ao frio.

Para ambiente de Sala/Cozinha, a maior redução na temperatura máxima ocorreu no apartamento tipo 1 com fachada sul, diferenciando em 3,07 °C. O Gráfico 18 apresenta os resultados de temperaturas máximas e mínimas para a Sala/Cozinha, ilustrando a redução dos valores da edificação inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A” com telha metálica.

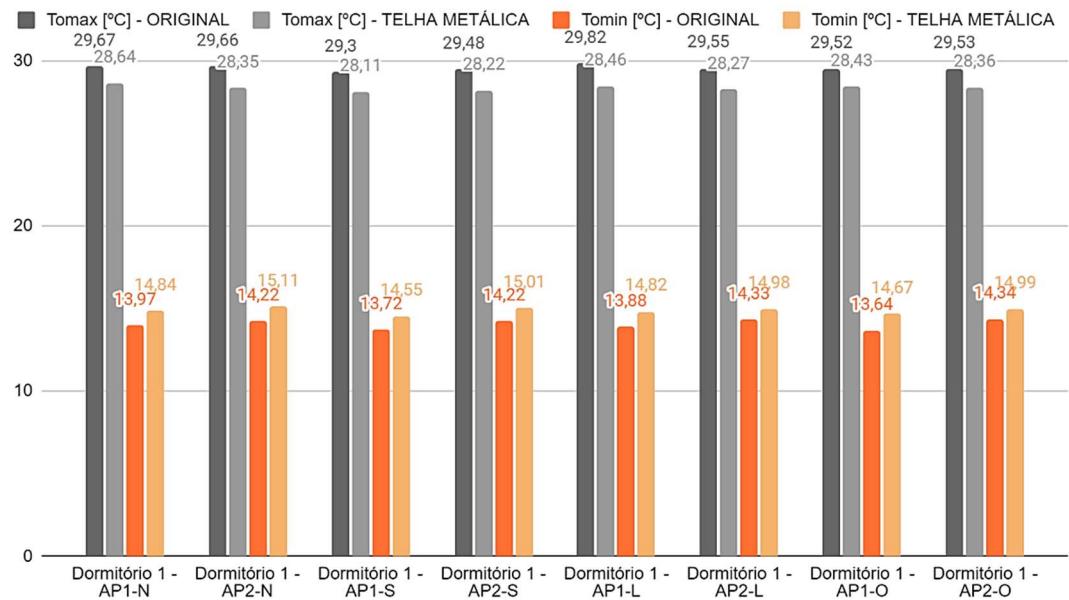
Gráfico 18 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – bloco cerâmico.



Fonte: A autora (2024).

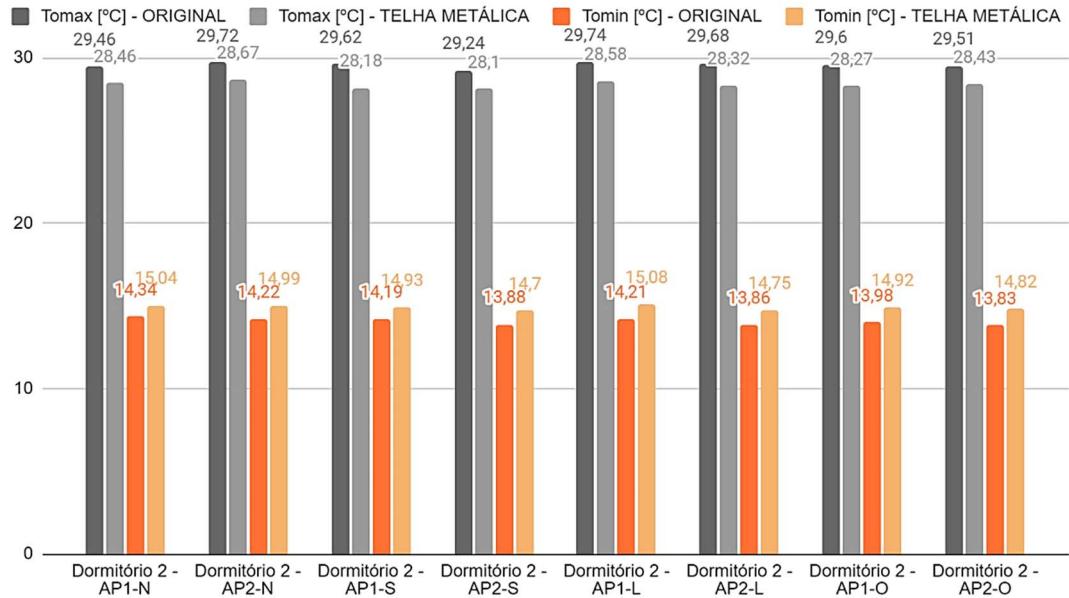
Para os dormitórios 1 e 2, os maiores valores de redução da temperatura máxima ocorreram no apartamento tipo 1 a leste, diferenciando em 1,36 °C e no apartamento tipo 1 a sul, com diferença de 1,44 °C, respectivamente. Os gráficos 19 e 20 apresentam os resultados de temperaturas máximas e mínimas para estes ambientes, ilustrando a redução dos valores da edificação inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A”.

Gráfico 19 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – bloco cerâmico.



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 20 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – bloco cerâmico.



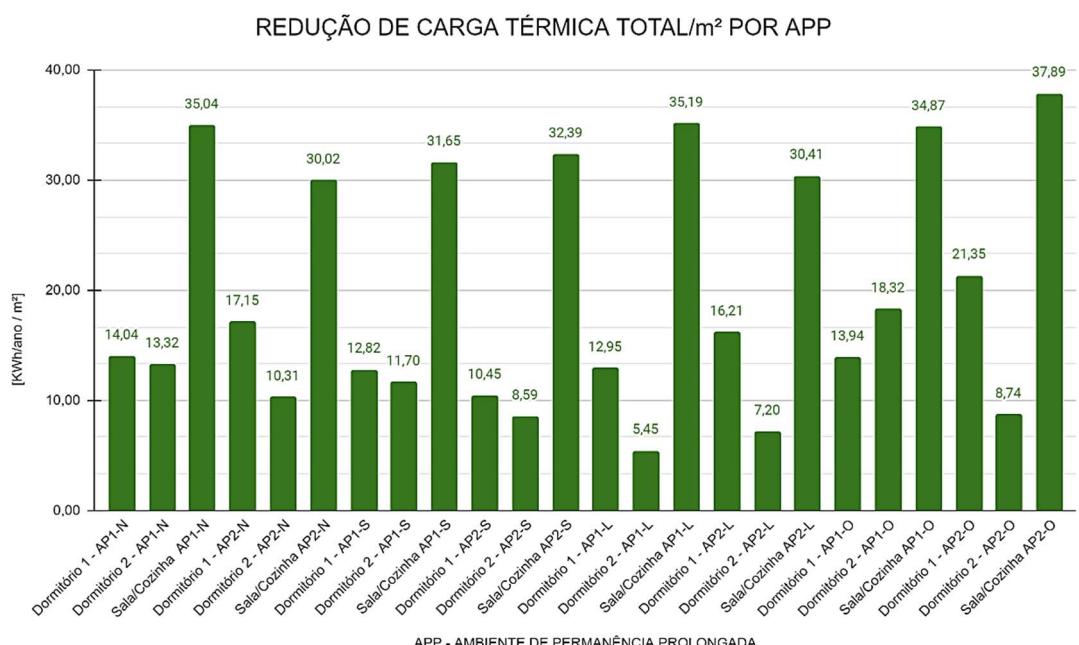
Fonte: A autora (2024).

4.3.5.3 Resultados para cobertura em edificação em parede de concreto

Para envoltória de paredes de concreto, o ajuste da cobertura também apresentou redução das cargas térmicas totais em todas as unidades habitacionais. Para o comparativo dos ambientes em diferentes orientações, foi elaborado o Gráfico 21, onde são apresentados os valores de redução de $CgTT_{UH}$ por área. Pode-se observar que em todas as direções e tipologias de apartamentos, o índice de redução de carga térmica anual foi superior no ambiente de Sala/Cozinha e, em todos os casos, superior a 30 KWh/ano/m², sendo o maior valor de 37,89 KWh/ano/m² no apartamento tipo 2 e fachada voltada para oeste. O menor valor para este ambiente ocorreu no apartamento tipo 2 com fachada norte, totalizando 30,02 KWh/ano/m².

Para o ambiente de dormitório 1, a maior redução ocorreu no apartamento tipo 2 e fachada oeste, com valor de 21,35 KWh/ano/m². A menor redução apresentou valor de 10,45 KWh/ano/m², no tipo 2 e fachada voltada para sul. Para o dormitório 2, o maior valor ocorreu para o apartamento tipo 1 e fachada oeste com 18,32 KWh/ano/m², enquanto o menor valor apresentado foi no apartamento tipo 2 e fachada leste com 5,45 KWh/ano/m².

Gráfico 21 – Índice de redução de $CgTT_{UH}$ por ambiente – parede de concreto.

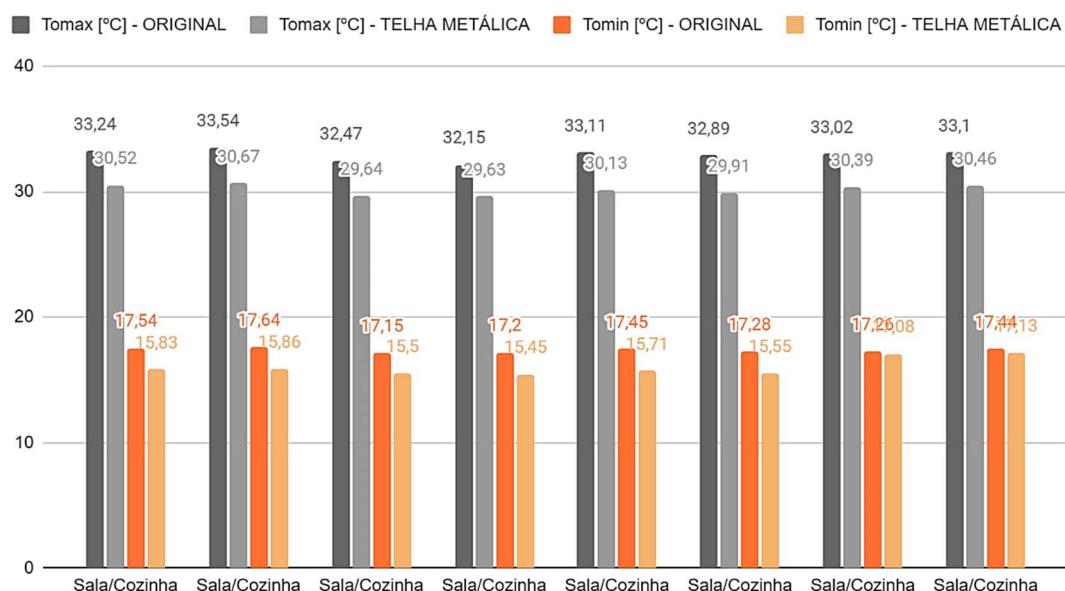


Fonte: A autora (2024).

Para as temperaturas máximas e mínimas de cada ambiente, pode-se observar novamente que em todos os casos as temperaturas apresentaram redução após ajuste da cobertura. Para ambiente de Sala/Cozinha, a maior redução na temperatura máxima ocorreu em dois casos, no apartamento tipo 1 e 2 com fachada leste, diferenciando em 2,98 °C.

O Gráfico 22 apresenta os resultados de temperaturas máximas e mínimas para a Sala/Cozinha, ilustrando a redução dos valores da edificação inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A”. Verificou-se que no caso da envoltória em paredes de concreto, as temperaturas mínimas nos ambientes reduziram, mesmo após a troca da tipologia de telha, diferentemente das edificações anteriormente testadas.

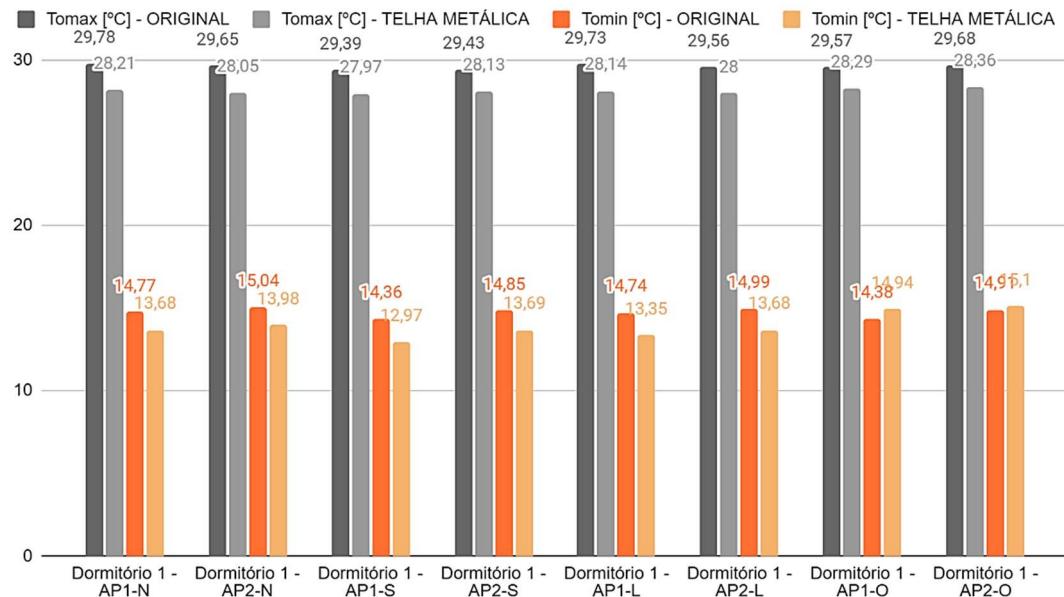
Gráfico 22 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – Sala/Cozinha – parede de concreto.



Fonte: A autora (2024).

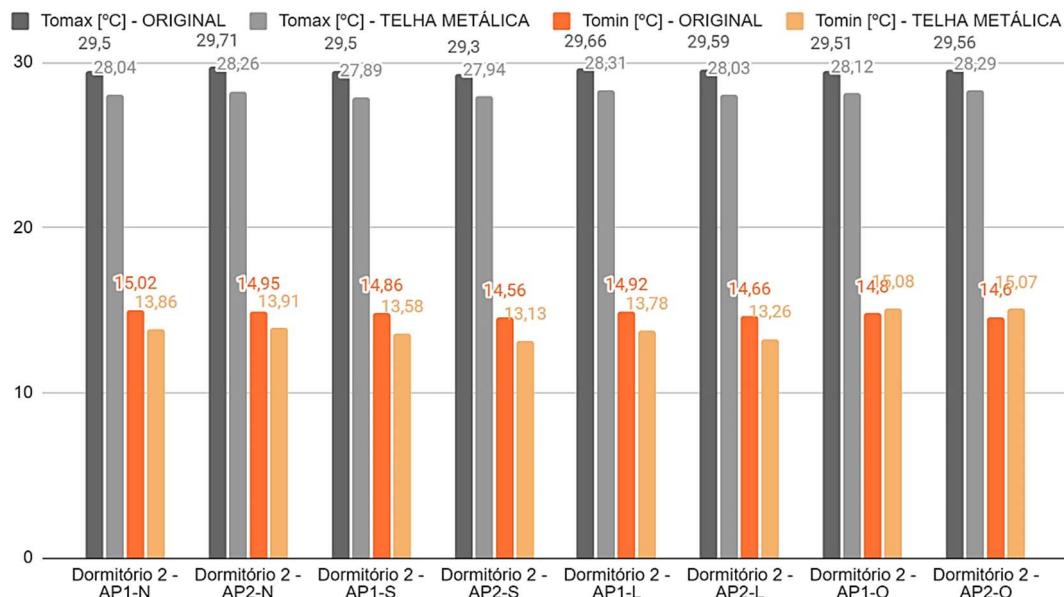
Nos dormitórios 1 e 2, os maiores valores de redução da temperatura máxima ocorreram no apartamento tipo 2 a norte, diferenciando em 1,60 °C e no apartamento tipo 1 a sul, com diferença de 1,61 °C, respectivamente. Os gráficos 23 e 24 apresentam os resultados de temperaturas máximas e mínimas para estes ambientes, ilustrando a redução dos valores da edificação inicialmente classificada a nível “C” e após classificação de nível “A”.

Gráfico 23 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 1 – parede de concreto.



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 24 – Temperaturas máximas e mínimas no comparativo de tipologia de telhas – dormitório 2 – parede de concreto.



Fonte: A autora (2024).

Comparando-se os resultados das diferentes tipologias, as maiores reduções ocorreram para envoltória de paredes em bloco cerâmico e as menores para parede de concreto.

4.4 PROPOSTA DE MODELO REPRESENTATIVO OTIMIZADO PARA APLICAÇÃO EM JOINVILLE

A partir da análise dos modelos representativos das edificações padronizadas e da conferência e aplicação das estratégias bioclimáticas, pode-se verificar que a tipologia de bloco cerâmico apresentou os melhores resultados, tanto no modelo original, quanto nos valores de redução de carga térmica total ao se aplicar as estratégias bioclimáticas para zona em questão.

Pode-se verificar dentre as estratégias bioclimáticas que as melhores otimizações ocorreram com aplicação de sombreamento das aberturas, paredes de maior espessura (grupo 1) e alteração da tipologia de telha com camada isolante de poliuretano. A estratégia com menor impacto positivo foi a de ventilação cruzada, uma vez que não foi possível considerar a colocação de esquadria adicional em paredes opostas e somente em paredes adjacentes, devido às limitações arquitetônicas dos modelos representativos.

Considerando o modelo de paredes em bloco cerâmico e as estratégias de melhor desempenho simultaneamente, todas as unidades em todos os pavimentos e direções alcançaram a classificação nível A, com exceção do apartamento tipo 1, do pavimento tipo e fachada para oeste, que atingiu o nível B do selo. Para que esta unidade alcançasse também o nível A, houve a necessidade de alteração da tipologia de vidro para monolítico de 6mm. Os resultados e comparativos com o modelo original são apresentados nos quadros a seguir. A planta da edificação descrita encontra-se no Apêndice D.

Quadro 31 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – cobertura.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA TOTAL ORIGINAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL	CARGA TÉRMICA TOTAL OTIMIZADA [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA OTIMIZADA	REDUÇÃO CARGA TOTAL [kWh/ano]
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	367,84	C	194,59	A	160,94
	Dormitório 2	343,99	C	170,03	A	194,78
	Sala/Cozinha	1735,23	C	806,22	A	921,59
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	423,43	C	219,23	A	194,52
	Dormitório 2	283,51	C	137,38	A	124,9
	Sala/Cozinha	1601,14	C	733,22	A	813,52
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	395,11	C	197,03	A	229,42
	Dormitório 2	310,51	C	151,43	A	158,78
	Sala/Cozinha	1613,25	C	708,65	A	890,22
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	375,43	C	215,41	A	154,56
	Dormitório 2	306,41	C	146,27	A	183,55
	Sala/Cozinha	1587,76	C	701,23	A	802,61
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	384,65	C	215,79	A	162,02
	Dormitório 2	287,34	C	156,14	A	116,94
	Sala/Cozinha	1714,49	C	667,47	A	937,13
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	431,44	C	227,38	A	241,24
	Dormitório 2	305,21	C	164,64	A	135,14
	Sala/Cozinha	1523,99	C	635,13	A	830,87
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - COBERTURA - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	350,48	C	188,96	A	142,27
	Dormitório 2	331,63	C	163,54	A	158,65
	Sala/Cozinha	1708,27	C	777,24	A	888,63
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - COBERTURA - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	433,44	C	232,87	A	209,52
	Dormitório 2	280,21	C	144,96	A	111,08
	Sala/Cozinha	1759,58	C	706,17	A	931,46

Fonte: A autora (2024).

Quadro 32 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – tipo.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA TOTAL ORIGINAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL	CARGA TÉRMICA TOTAL OTIMIZADA [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA OTIMIZADA	REDUÇÃO CARGA TOTAL [kWh/ano]
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TIPO - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	225,12	B	156,38	A	68,74
	Dormitório 2	173,93	B	138,18	A	35,75
	Sala/Cozinha	715,5	B	673,93	A	41,57
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TIPO - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	234,34	B	197,48	A	36,86
	Dormitório 2	172,34	B	108,91	A	63,43
	Sala/Cozinha	614,1	B	562,82	A	51,28
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TIPO - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	197,84	B	129,33	A	68,51
	Dormitório 2	187,78	B	126,05	A	61,73
	Sala/Cozinha	733,43	B	614,07	A	119,36
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TIPO - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	254,46	B	189,41	A	65,05
	Dormitório 2	154,69	B	97,00	A	57,69
	Sala/Cozinha	632,66	B	495,42	A	137,24
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TIPO - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	247,8	B	178,2	A	69,6
	Dormitório 2	204,86	B	167,13	A	37,73
	Sala/Cozinha	704,29	B	577,51	A	126,78
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TIPO - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	231,27	B	177,89	A	53,38
	Dormitório 2	195,02	B	134,5	A	60,52
	Sala/Cozinha	519,15	B	436,92	A	82,23
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TIPO - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	247,97	B	155	A	92,97
	Dormitório 2	209,9	B	113,67	A	96,23
	Sala/Cozinha	781,28	B	740,21	A	41,07
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TIPO - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	252,87	C	207,76	A	45,11
	Dormitório 2	204,45	C	149,41	A	55,04
	Sala/Cozinha	742,17	C	587,58	A	154,59

Fonte: A autora (2024).

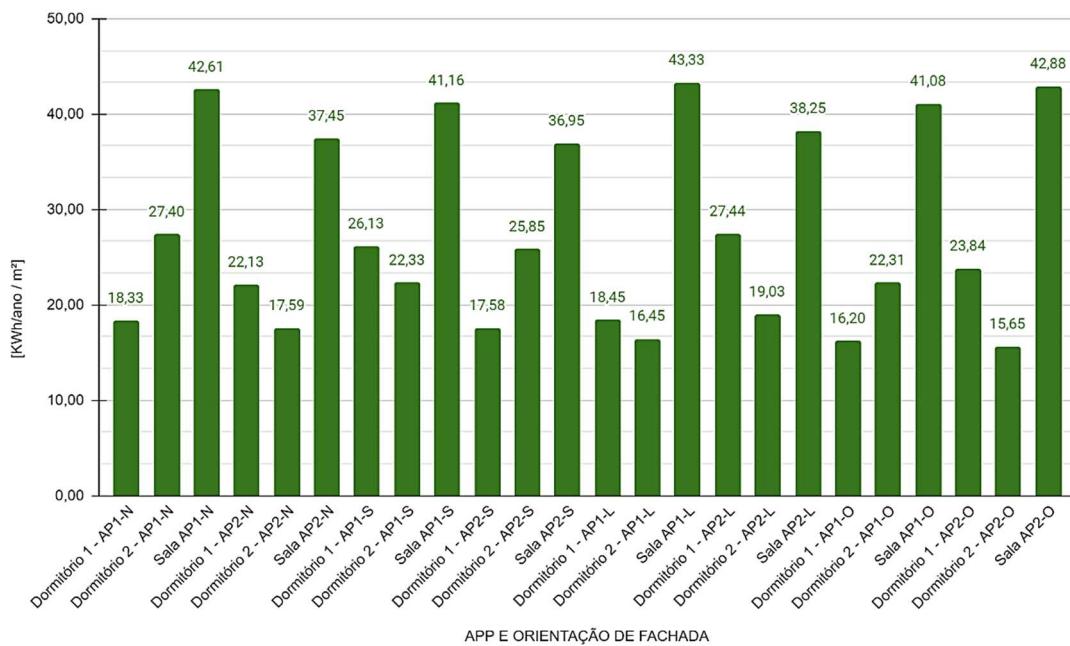
Quadro 33 – Comparativo das cargas térmicas totais e classificação da envoltória – bloco cerâmico – térreo.

ORIENTAÇÃO	APP	CARGA TÉRMICA TOTAL ORIGINAL [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA ORIGINAL	CARGA TÉRMICA TOTAL OTIMIZADA [kWh/ano]	CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA OTIMIZADA	REDUÇÃO CARGA TOTAL [kWh/ano]
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	202,24	A	122,73	A	79,51
	Dormitório 2	152,1	A	113,37	A	38,73
	Sala/Cozinha	771,19	A	689,36	A	81,83
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA NORTE						
NORTE	Dormitório 1	186,93	A	143,11	A	43,82
	Dormitório 2	156,43	A	84,56	A	71,87
	Sala/Cozinha	636,97	A	551,41	A	85,56
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	169,23	A	90,99	A	78,24
	Dormitório 2	172,73	A	97,14	A	75,59
	Sala/Cozinha	789,86	A	646,76	A	143,1
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA SUL						
SUL	Dormitório 1	210,68	A	144,47	A	66,21
	Dormitório 2	134,93	A	68,45	A	66,48
	Sala/Cozinha	660,11	A	482,63	A	177,48
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	203,24	A	123,21	A	80,03
	Dormitório 2	179,29	A	133,1	A	46,19
	Sala/Cozinha	743,44	A	584,21	A	159,23
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA LESTE						
LESTE	Dormitório 1	197,62	A	131,39	A	66,23
	Dormitório 2	160,99	A	92,37	A	68,62
	Sala/Cozinha	527,91	A	419,19	A	108,72
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 1 - TÉRREO - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	207,96	A	151,21	A	56,75
	Dormitório 2	175,1	A	98,49	A	76,61
	Sala/Cozinha	840,98	A	744,68	A	96,30
UNIDADE: GRUPO 1 - APARTAMENTO TIPO 2 - TÉRREO - FACHADA OESTE						
OESTE	Dormitório 1	227,25	E	180,52	A	46,73
	Dormitório 2	172,65	E	121,27	A	51,38
	Sala/Cozinha	761,28	E	558,46	A	202,82

Fonte: A autora (2024).

Em termos de redução de carga térmica total por ambiente e por área do modelo representativo com a aplicação das estratégias bioclimáticas simultâneas, foram elaborados os gráficos 25 a 27. Nota-se novamente que o ambiente com maior redução de $CgTT_{UH}$ foi a Sala/Cozinha, chegando a reduções de até 43,33 KWh/ano/m² na cobertura.

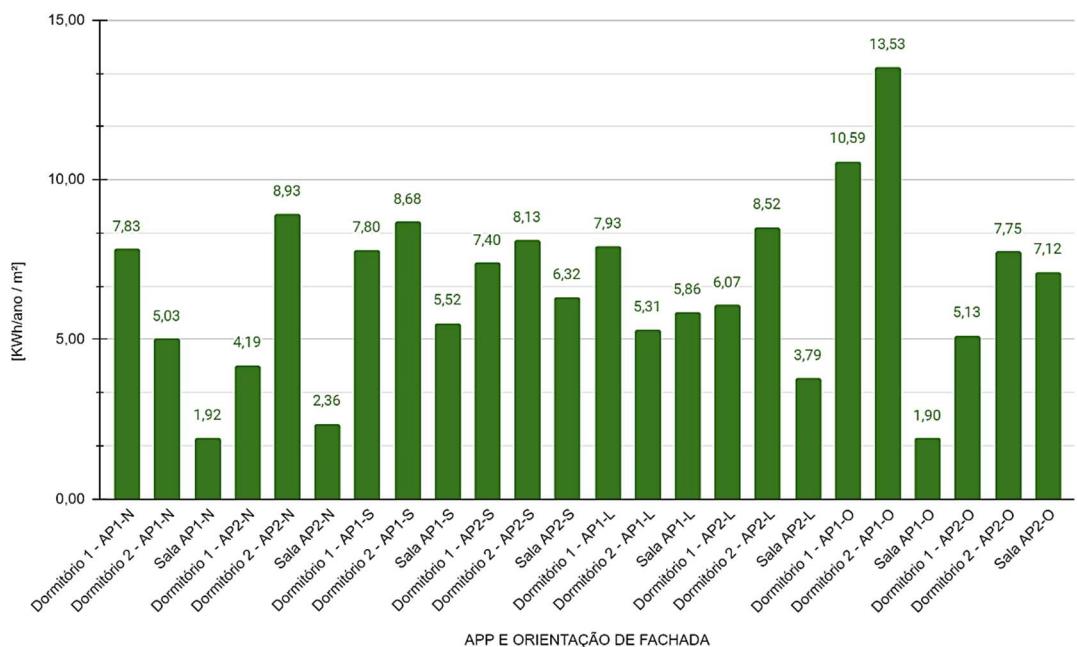
Gráfico 25 – Índice de redução de $CgTT_{UH}$ por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – cobertura.



Fonte: A autora (2024).

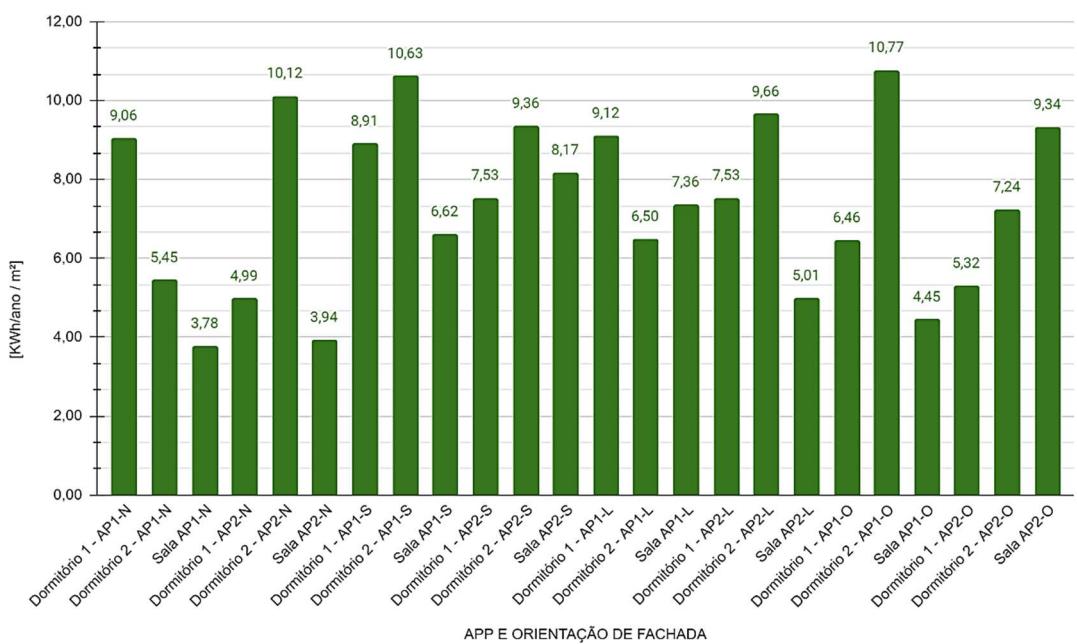
Nos pavimentos tipo e térreo, as reduções foram menores se comparados com a cobertura, devido a utilização de telha metálica com isolamento de poliuretano, que reduziu significativamente o consumo energético neste pavimento. Contudo, ainda que em menores valores, as reduções dos ambientes nos pavimentos tipo e térreo representam otimização destas unidades, auxiliando na economia energética das unidades. Os gráficos 23 e 24 apresentam os resultados destes pavimentos por ambiente e orientação de fachada.

Gráfico 26 – Índice de redução de CgTT_{UH} por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – pavimento tipo.



Fonte: A autora (2024).

Gráfico 27 – Índice de redução de CgTT_{UH} por ambiente – modelo otimizado de bloco cerâmico – pavimento térreo.

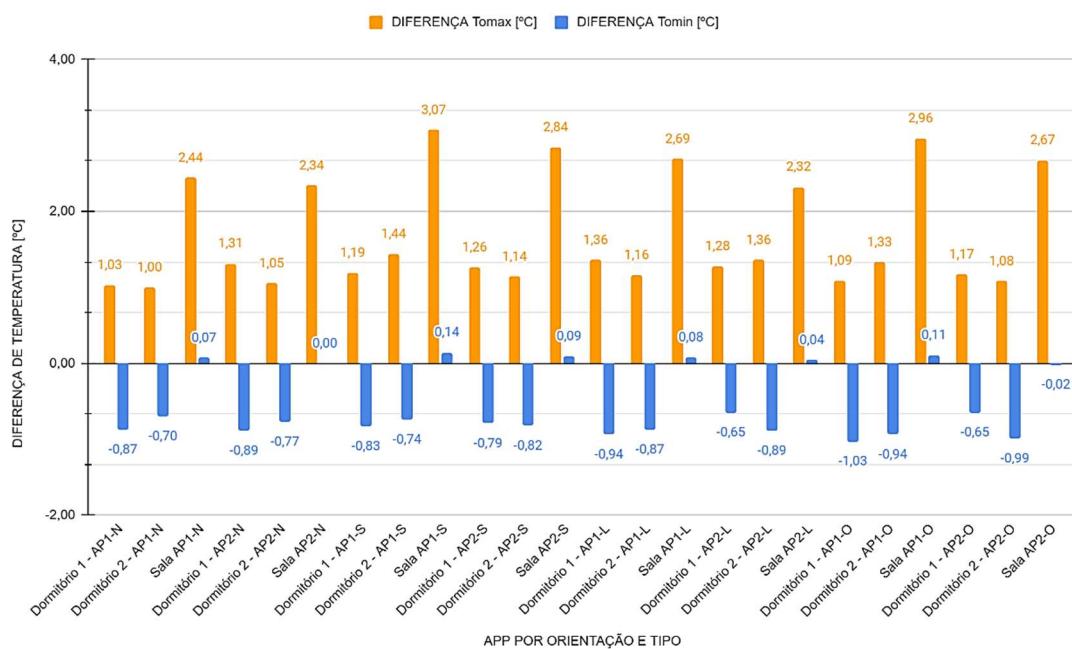


Fonte: A autora (2024).

Em relação as diferenças de temperaturas máximas, novamente a cobertura apresentou maior redução, chegando a 3,07 °C para o ambiente de

Sala/Cozinha e fachada sul. Para as temperaturas mínimas, pode-se observar o aumento destas, o que impacta positivamente, pois auxilia na manutenção do conforto térmico em estações mais frias. Para o caso das temperaturas mínimas, no Gráfico 28 seus valores aparecem negativos, pois trata-se da diferença de temperatura do modelo de edificação original em relação ao otimizado.

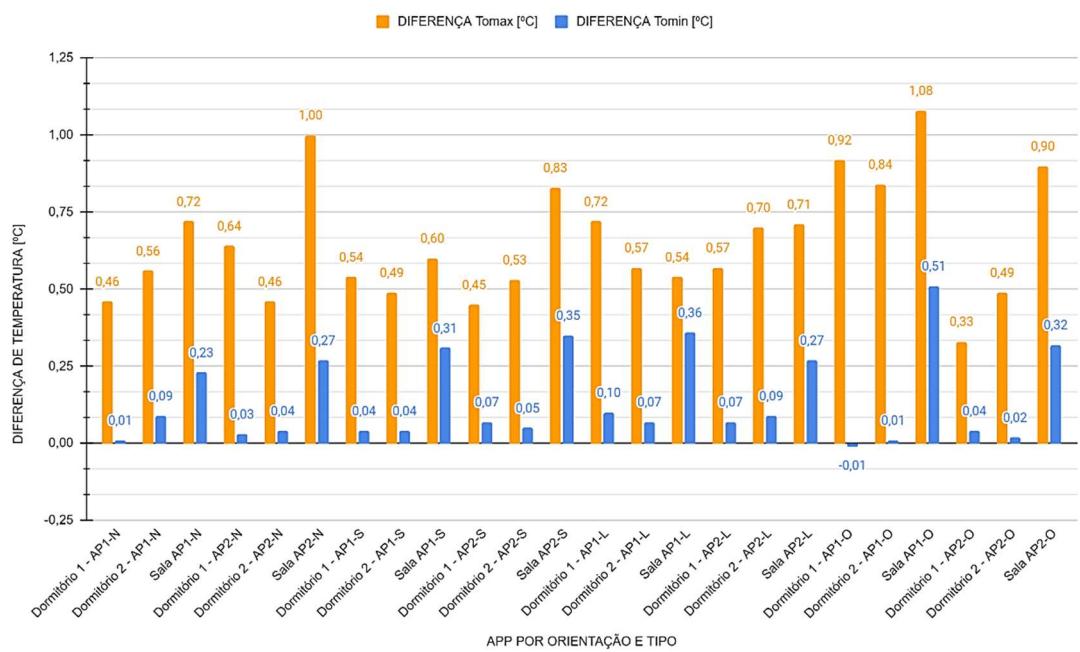
Gráfico 28 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas - modelo otimizado de bloco cerâmico – cobertura.



Fonte: A autora (2024).

No pavimento tipo as diferenças de temperaturas foram menores, chegando ao valor máximo de 1,08 °C no ambiente de Sala/Cozinha do apartamento tipo 1 à oeste para temperatura máxima e de 0,51 °C para temperatura mínima neste mesmo ambiente e orientação. Nota-se que para o dormitório 1 do apartamento tipo 1 à oeste, ocorreu elevação da temperatura mínima, porém um valor não significante de 0,01 °C. O Gráfico 29 apresenta todos os resultados das diferenças de temperaturas máximas e mínimas por ambiente e orientação de fachada para os apartamentos tipos 1 e 2, no pavimento tipo.

Gráfico 29 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas – modelo otimizado de bloco cerâmico – tipo.

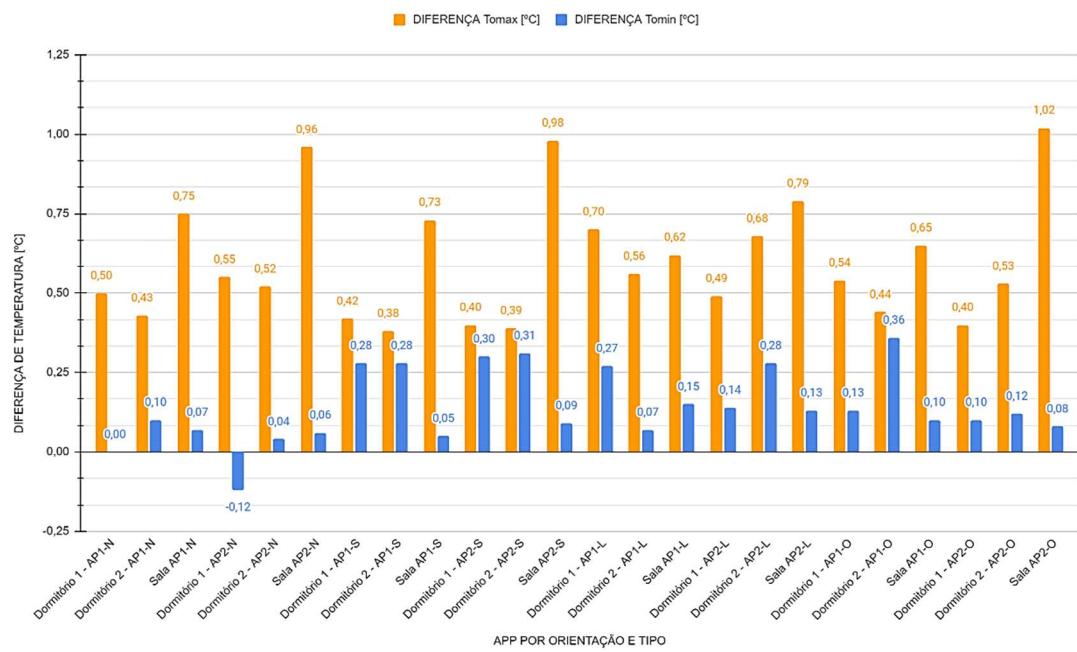


Fonte: A autora (2024).

Para o pavimento térreo os resultados foram semelhantes ao tipo, conforme apresentado no Gráfico 30. O ambiente com maior diferença na temperatura máxima, chegando a 1,02 °C foi a Sala/Cozinha do apartamento tipo 2 à oeste. Para temperatura mínima o maior valor de redução apresentou-se no dormitório 2 do apartamento tipo 1 e fachada oeste.

O dormitório 1 à norte, do apartamento tipo 2, apresentou aumento da temperatura mínima em 0,12 °C. Apesar de ser um valor baixo, o aumento da temperatura mínima em estações mais frias torna-se positivo.

Gráfico 30 – Diferença de temperaturas máximas e mínimas operativas – modelo otimizado de bloco cerâmico – térreo.



Fonte: A autora (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário da habitação no Brasil tem passado por diversas transformações ao longo dos anos e a industrialização e padronização da construção são cada vez mais representativas no mercado de imóveis, principalmente nas edificações populares. Com a tendência de maior crescimento, devido a necessidade de moradia, as avaliações destas habitações sob os aspectos ambientais, de conservação de recursos e de conforto dos usuários é de grande importância.

O levantamento da amostra de edificações padronizadas apresentadas nos Estudos de Impacto de Vizinhança em Joinville, mostraram que há uma parcela significativa de empreendimentos com esta característica. Ressalta-se que os EIVs foram utilizados como fonte de dados desta pesquisa, uma vez que as informações são de domínio público. A disponibilidade de informações por outros órgãos não foi possível, sendo utilizada como justificativa a Lei Geral de Proteção de Dados.

A metodologia estatística e a utilização do *Rstudio* como ferramenta para a análise de dados, proporcionou a definição dos modelos representativos das edificações padronizadas para cidade e alcançou um dos objetivos desta pesquisa.

Apesar da padronização de edificações residenciais ser uma estratégia utilizada na redução do *déficit* habitacional, pode-se verificar que não há considerações sobre a eficiência energética e conforto térmico nestas habitações ao longo de sua vida útil. Para que se tenha um melhor desempenho da edificação é preciso considerar, ainda em fase de projeto, as características construtivas adequadas, as estratégias bioclimáticas para região de implantação e atentar-se para as tecnologias que auxiliem na redução do consumo de energia. Nesta pesquisa, pode-se concluir que a aplicação de alterações simples de arquitetura proporcionaram melhorias significativas nas edificações, sendo bastante perceptível no pavimento de cobertura.

A metodologia da INI-R, atualizada recentemente, mostrou-se bastante útil, podendo contribuir para o desenvolvimento de projetos com maior conforto e eficiência e auxiliar nas tomadas de decisão de projetos com a previsão de elementos construtivos que melhorem estes aspectos e contribuam para

desenvolvimento de edificações mais sustentáveis. Com a instrução normativa revisada, foi possível elaborar e salvar os arquivos em planilhas, que por sua vez, foram carregadas na plataforma *web* do INMETRO para utilização do metamodelo disponível como ferramenta de avaliação e classificação da envoltória. Os resultados obtidos de cargas térmicas e temperaturas máximas e mínimas puderam ser utilizados nas análises, permitindo realizar os comparativos das tipologias das edificações.

Entretanto, vale ressaltar algumas limitações e necessidade de aferição para alguns resultados encontrados nesse estudo, que apresentaram discrepância, como no caso do apartamento tipo 2 em bloco cerâmico no pavimento térreo, sendo a única unidade que apresentou classificação “E” e tendo valores de cargas térmicas próximas as outras unidades, que classificaram em nível “A”.

Observou-se também que, mesmo após diversas conferências das entradas de dados para o metamodelo, ainda permaneceram valores negativos de carga térmica para aquecimento para os casos de unidades do pavimento tipo em bloco de concreto e pavimento térreo em bloco de concreto e parede de concreto, indicando possível necessidade de ajuste do metamodelo.

A envoltória com melhor desempenho energético geral, no comparativo das tipologias de edificações analisadas, foi a de bloco cerâmico, tendo ainda o seu modelo otimizado com a aplicação das estratégias bioclimáticas indicadas pela norma brasileira e novamente apresentando as maiores reduções de consumo energético. As estratégias aplicadas no modelo otimizado foram de ventilação cruzada, sombreamento das aberturas e cobertura leve e refletora, simultaneamente.

Com a aplicação da estratégia de ventilação cruzada, pode-se verificar que houve redução de carga térmica total, ainda que em valores pequenos. Na maioria dos casos esta alteração não foi suficiente para mudança de nível de etiquetagem, ocorrendo apenas na unidade tipo 2, do pavimento tipo e envoltória de bloco cerâmico.

Na estratégia de sombreamento das aberturas, os resultados apresentaram maiores impactos positivos de redução e classificação energética, principalmente nos pavimentos térreo e tipo. Para cobertura, apesar da redução superior a 200 KWh/ano, não houve alteração de etiquetagem.

Para estratégia de cobertura, com a alteração de tipologia de telha, pode-se obter os níveis de classificação superiores da envoltória em todas as unidades e as reduções de carga térmica total foram superiores a 1000 KWh/ano, ressaltando a importância da aplicação de materiais de desempenho superior para melhor desempenho térmico e energético.

A pesquisa alcançou seus objetivos, podendo abrir caminho para novos estudos sobre a temática de padronização nas edificações residenciais e destacando a importância da análise da eficiência energética e conforto térmico nestas construções.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar através da INI-R os demais sistemas aplicados nas edificações e áreas comuns.
- Levantar amostra de edificações padronizadas a nível nacional, analisando diferentes zonas bioclimáticas.
- Elaborar um documento de instrução para construtoras que utilizam padronização sobre os elementos construtivos que podem ser aplicados para melhoria do desempenho térmico e energético da edificação.
- Analisar e sugerir as melhores disposições das edificações em diferentes dimensões de terrenos, avaliando o sombreamento e ventilação de uma torre sobre a outra.
- Modelar e simular os casos estudados em *softwares* voltados à análise de eficiência térmica e energética para aferir a precisão do método proposto na INI-R.
- Criar pesquisa de satisfação dos usuários das edificações analisadas, quanto ao desconforto por calor e frio, quantidade e tipologia de equipamentos utilizados para alcance do conforto térmico do ambiente, bem como do nível de iluminação e ventilação dos ambientes.
- Levantar as informações socioeconômicas dos usuários das edificações analisadas e valores dos imóveis adquiridos, sistema de financiamento e subsídios utilizados para aquisição.

- Pesquisar a aceitação de construtoras que utilizam padronização, quanto as alterações e aplicações de elementos construtivos que auxiliem no desempenho energético da edificação a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.
- _____. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2021.
- _____. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.
- _____. **NBR 16.401**: Instalação de ar-condicionado - sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.
- ALBUQUERQUE, Márcio Augusto de. **Estabilidade em Análise de Agrupamento**. 2005. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Biometria, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.
- ALNUAIMI, Abdulla; NATARAJAN, Sukumar; KERSHAW, Tristan. *The comfort and energy impact of overcooled buildings in warm climates*. *Energy And Buildings*, [S.L.], v. 260, p.111938, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111938>.
- ANSI, AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, 2017. 66 p.
- ATTOURI, Emna; LAFHAJ, Zoubeir; DUCOULOMBIER, Laure; LINÉATTE, Bruno. *The current use of industrialized construction techniques in France: benefits, limits and future expectations*. *Cleaner Engineering And Technology*, [S.L.], v. 7, p. 100436, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clet.2022.100436>.
- BODACH, Susanne; HAMHABER, J. *Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil*. *Energy Policy*, Frankfurt, v. 38, 07 set. 2010.
- BOGO, Amilcar José. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. HOLOS, [S. I.], v. 7, p. 290–298, 2016. DOI: 10.15628/holos.2016.4389. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4389>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- BORRALLO-JIMÉNEZ, Milagrosa; LOPEZDEASIAIN, Maria; ESQUIVIAS, Paula M.; DELGADO-TRUJILLO, David. Comparative study between the Passive

House Standard in warm climates and Nearly Zero Energy Buildings under Spanish Technical Building Code in a dwelling design in Seville, Spain. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 254, p. 111570, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111570>.

BRASIL. Lei nº 2291, de 21 de novembro de 1986. Brasília, DF, 21 nov. 1986.

_____. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Brasília, DF, 17 out. 2001.

_____. Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005. Brasília, DF, 16 jun. 2005.

_____. Lei nº 14.118, de 12 de janeiro de 2021. Brasília, DF, 12 jan. 2021.

_____. Lei nº 14.620, de 13 de julho de 2023. Brasília, DF, 13 jul. 2023.

_____. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006.

BURATTI, C.; MORETTI, E.; BELLONI, E.; COTANA, F. *Unsteady simulation of energy performance and thermal comfort in non-residential buildings*. *Building and Environment*, v.59, p.482- 491, 2013.

CANADA, Government Of. **Energy efficiency for buildings**. 2023. Disponível em: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/buildings/20671>. Acesso em: 09 mar. 2023.

CECHINEL, R. J.; HENNING, E.; HACKENBERG, A. M. Uso do R para comparação de arquivos climáticos: uma análise da aplicação do arquivo climático de Itapoá na cidade de Joinville. In: *The World of Big Data Analysis, II Seminário Internacional de Estatística com R*, 2017, Niterói. Anais...Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2017.

CEF - Caixa Econômica Federal. **Guia Selo Casa Azul + Caixa**. 2024. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/guia-selo-casa-azul-caixa.pdf. Acesso em: 20 maio 2024.

CELESC, Centrais Elétricas de Santa Catarina. Boletim de mercado - dados de consumo. Joinville: Celesc, 2021. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/home/mercado-de-energia/dados-de-consumo>. Acesso em: 30 mar. 2022.

CEN, **EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. 15251:2012: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics**. União Europeia: 2012.

CLIMATE.ONEBUILDING.ORG. *Repository of free climate data for building performance simulation*. 2022. Disponível em: <https://climate.onebuilding.org/default.html>. Acesso em: 05 out. 2022.

DASCALAKI, E. G. et al. *Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock*. *Energy and Buildings*, v. 43, n. 12, p. 3400–3409, dez. 2011.

DE BARBA JUNIOR, Durval João de; GOMES, Jefferson de Oliveira; LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos de. *Sustainability Assessment in conventional and industrialized systems built in Brazil*. *Procedia CIRP*, v. 29, p. 144-149, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.190>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115005119?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=87b7a3752b4a01c2. Acesso em: 04 abr. 2023.

EC, European Council. **Horizon Europe**. 2021. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/horizon-europe/>. Acesso em: 25 fev. 2023.

EPA, Environmental Protection Agency. **About ENERGY STAR**. Disponível em: <https://www.energystar.gov/about?s=mega>. Acesso em: 03 mar. 2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2021.

Everitt, B. S. and Dunn, G. *Applied Multivariate Data Analysis*. Arnold, London, 2001.

FERREIRA, Camila Carvalho; SOUZA, Henor Artur de; ASSIS, Eleonora Sad de. Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 183-200, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100131>.

FJP. *Déficit Habitacional no Brasil: 2016 - 2019*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2020. 173 p. Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/21.05_Relatorio-Deficit-Habitacional-no-Brasil-2016-2019-v2.0.pdf. Acesso em: 07 out. 2022.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **AQUA-HQE™**. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/organizacoes/certificacoes/aqua-hqe/>. Acesso em: 31 maio 2024.

GOULART, S. V. G. *Thermal inertia and natural ventilation – optimisation of termal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil*. 2004. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Energia) – Architectural Association School of Architecture, Londres, 2004.

GRÜNBERG, Paula Regina Mendes. **AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS DE PROJETO PARA CLIMA QUENTE E ÚMIDO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO**: estudo de caso de edificação unifamiliar em Joinville/sc. 2014. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Hair, J., et al. (2009) *Multivariate Data Analysis*. 17th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River.

HU, Ming *et al.* *The effects of passive design on indoor thermal comfort and energy savings for residential buildings in hot climates: A systematic review.* **Urban Climate**, New York, v. 49, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ulclim.2023.101466>. Acesso em: 06 maio 2023.

IMAI, C.; FABRICIO, M. M.; AZUMA, M. H. MODELO FÍSICO COMO INSTRUMENTO DE PROJETO E COMUNICAÇÃO PARA A EXECUÇÃO DE ARTEFATOS DE PESQUISA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2019. p. 345–352.

INCROPERA, Frank P. *et al.* **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Anexo II – Instrução Normativa INMETRO para a eficiência energética das edificações Residenciais. Rio de Janeiro: INMETRO, 2022. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/ANEXO%20II_INI-R_Portaria%20309_2022.pdf. Acesso em: 13 nov. 2022.

JOINVILLE. PREFEITURA DE JOINVILLE. **Joinville Cidade em Dados 2022: DASCALAKI** Ambiente Natural. Joinville: 2022. 20 p. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2022/09/Joinville-Cidade-em-Dados-2022-Ambiente-Natural.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

JOINVILLE. LEI Nº 667, DE 08 DE MAIO DE 1964. **LEI 336/2011**. Joinville, 08 de maio de 1964.

_____. LEI COMPLEMENTAR Nº 336, DE 10 DE JUNHO DE 2011. **LC336/2011**. Joinville, 10 jun. 2011.

KARLSSON, Jonathan; WADSÖ, Lars; ÖBERG, Mats. *A conceptual model that simulates the influence of thermal inertia in building structures.* **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 60, p. 146-151, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.017>.

KEDIR, Firehiwot; HALL, Daniel M. *Resource efficiency in industrialized housing construction – A systematic review of current performance and future opportunities.* **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 286, p. 125443, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125443>.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

LATTIN, James M. *et al.* **Análise de Dados Multivariados**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

LÓPEZ-GUERRERO, Rafael E.; VERA, Sergio; CARPIO, Manuel. *A quantitative and qualitative evaluation of the sustainability of industrialised building systems: a bibliographic review and analysis of case studies.* **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 157, p. 112034, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2021.112034>.

LOPES, Felipe da Silva Duarte. Simulação de consumo energético e conforto térmico para edifício de escritórios em Teresina/PI com o uso de estratégias bioclimáticas passivas. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

MOTA, R. R. S. et al. Eficiência energética em residências: adequação dos parâmetros de uso e ocupação preconizados no RTQ-R à realidade de uma HIS em Pelotas – ZB2. *Revistas Destaques Acadêmicos*, v. 7, n. 4, p. 211-229, 2015.

Montgomery, D.C. and Runger, G.C. (2003) *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 3rd Edition, John Wiley & Son, Inc., Hoboken.

NOAL, E. B; JANCZURA, R. A política nacional de habitação e a oferta de moradias. *Textos & Contextos*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 157-169, jan./jul. 2011.

PBE. Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <https://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 10 out. 2022.

ROSA, Aline Schaefer da. **DETERMINAÇÃO DE MODELOS DE REFERÊNCIA DE HABITAÇÕES POPULARES UNIFAMILIARES PARA FLORIANÓPOLIS ATRAVÉS DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTO**. 2014. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SORGATO, Márcio José. **A INFLUÊNCIA DO COMPORTAMENTO DO USUÁRIO NO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**. 2015. 260 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

TONDO, Gabriela Hanna. **INFLUÊNCIA DAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS NO DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS ESCOLARES**. 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2017.

UE, União Europeia - **Parlamento Europeu**. 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20230310IPR77228/eurodeputados-apoiam-um-setor-da-construcao-com-impacto-neutro-no-clima-ate-2050>. Acesso em: 14 mar. 2023.

ZAPELINI, Marcello Beckert; LIMA, Jéssica Gomes; GUEDES, Mariana Correia. Evolução da Política Habitacional no Brasil (1967– 2014): Uma Análise de Equilíbrio Pontuado. **RIGS - Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, Bahia, v. 3, n. 6, p. 153-173, dez. 2017. Quadrimestral.

ZHANG, Guoqiang; XU, Keyi; LIU, Zhengxuan; HUANG, Ruopeng; LI, Bo; WANG, Ran. *Policy-based initiatives on promoting China's affordable housing: challenges and opportunities. Developments In The Built Environment*, [S.L.], v. 16, p. 100222, dez. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100222>.

APÊNDICES

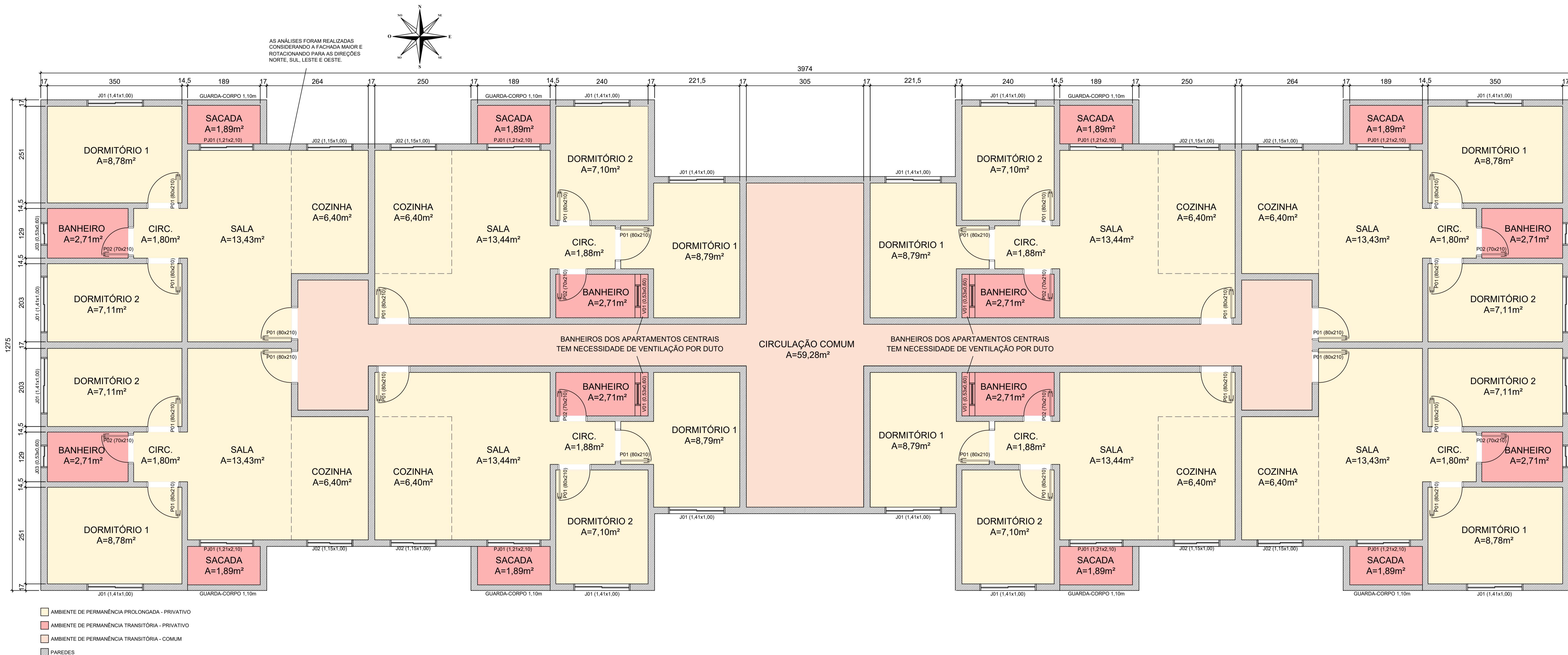
**APÊNDICE A – PLANILHA DE DADOS DOS PROJETOS EM EIV
JOINVILLE (2018-2023)**

Nº AMOSTRA DE EDIFICAÇÃO NO DENDROGRAMA	TIPO	ÁREAS DE APARTAMENTOS	Nº DE DORMITÓRIOS	SISTEMA CONSTRUTIVO	ESPESSURA DE PAREDE EXTERNA [cm]	ESPESSURA DE PAREDE INTERNA [cm]	ÁREA DORMITÓRIO 1 [m ²]	ÁREA DORMITÓRIO 2 [m ²]	ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 1 [m ²]	ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 2 [m ²]	ÁREA SALA [m ²]	ÁREA DE JANELA SALA [m ²]	ÁREA COZINHA [m ²]	ÁREA DE JANELA COZINHA [m ²]	ÁREA BANHEIRO [m ²]	JANELA BANHEIRO [m ²]	ÁREA DE SACADA [m ²]	FACHADAS COM REENTRÂNCIAS	CIRCULAÇÃO COMUM. ELEVADORES E ESCADAS [m ²]	GRUPO
1	TIPO 1	46,27	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,70	7,41	1,41	1,41	11,33	3,05	5,50	1,65	2,41	0,35	2,14	Em todas as fachadas	48,46	1
2	TIPO 2	46,03	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,70	7,41	1,41	1,41	11,33	3,05	5,50	1,65	2,41	0,35	2,14	Em todas as fachadas	48,46	1
3	TIPO 1	51,06	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,03	7,61	1,41	1,41	15,87	2,51	6,73	1,41	3,03	0,35	2,06	Em todas as fachadas	89,36	1
4	TIPO 2	50,26	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,82	7,61	1,41	1,41	12,08	2,51	6,90	1,41	3,19	0,35	2,06	Em todas as fachadas	89,36	1
5	TIPO 1	49,60	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,31	6,93	1,64	1,19	15,97	2,44	6,14	1,19	2,55	0,29	1,55	Em todas as fachadas	50,32	1
6	TIPO 2	46,77	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,79	6,67	1,19	1,64	12,75	2,44	5,93	1,19	2,39	0,29	1,54	Em todas as fachadas	50,32	1
7	TIPO 1	45,30	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	9,10	8,11	1,75	1,75	10,90	2,16	6,51	1,16	2,54	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	50,30	2
8	TIPO 2	45,30	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	9,10	8,11	1,75	1,75	10,90	2,16	6,51	1,16	2,54	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	50,30	2
9	TIPO 1	51,06	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,03	7,61	1,41	1,41	15,87	2,51	6,73	1,41	3,03	0,35	2,06	Em todas as fachadas	89,36	1
10	TIPO 2	50,26	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,82	7,61	1,41	1,41	12,08	2,51	6,90	1,41	3,19	0,34	2,73	Em todas as fachadas	89,36	1
11	TIPO 1	49,60	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,31	6,93	1,64	1,19	15,97	2,44	6,14	1,19	2,55	0,29	1,55	Em todas as fachadas	50,32	1
12	TIPO 2	46,77	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,79	6,67	1,19	1,64	12,75	2,44	5,93	1,19	2,39	0,29	1,54	Em todas as fachadas	50,32	1
13	TIPO 1	51,66	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,58	7,01	1,41	1,41	10,84	2,55	7,89	0,00	3,20	0,35	1,97	Em todas as fachadas	46,50	1
14	TIPO 2	51,66	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,58	7,01	1,41	1,41	10,84	2,55	7,89	0,00	3,20	0,35	1,97	Em todas as fachadas	46,50	1
15	TIPO 1	44,32	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	7,22	7,51	1,75	1,75	14,30	2,52	6,96	1,16	2,58	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	73,85	2
16	TIPO 2	44,32	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	7,22	7,51	1,75	1,75	14,30	2,52	6,96	1,16	2,58	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	73,85	2
17	TIPO 1	44,32	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	7,22	7,51	1,75	1,75	14,30	2,52	6,96	1,16	2,58	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	73,85	2
18	TIPO 2	44,32	2,00	parede de concreto	10,00	10,00	7,22	7,51	1,75	1,75	14,30	2,52	6,96	1,16	2,58	0,61	0,00	Só nas escadas e acesso da torre	73,85	2
19	TIPO 1	49,60	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,31	6,93	1,64	1,19	15,97	2,44	6,14	1,19	2,55	0,29	1,55	Em todas as fachadas	50,32	1
20	TIPO 2	46,77	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,79	6,67	1,19	1,64	12,75	2,44	5,93	1,19	2,39	0,29	1,54	Em todas as fachadas	50,32	1
21	TIPO 1	48,31	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,31	6,93	1,64	1,19	15,97	2,44	6,14	1,19	2,55	0,29	1,55	Em todas as fachadas	50,32	1
22	TIPO 2	45,32	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,79	6,67	1,19	1,64	12,75	2,44	5,93	1,19	2,39	0,29	1,54	Em todas as fachadas	50,32	1

GRUPO 1

Nº AMOSTRA DE EDIFICAÇÃO NO DENDROGRAMA	TIPO	ÁREAS DE APARTAMENTOS	Nº DE DORMITÓRIOS	SISTEMA CONSTRUTIVO	ESPESSURA DE PAREDE EXTERNA [cm]	ESPESSURA DE PAREDE INTERNA [cm]	ÁREA DORMITÓRIO 1 [m ²]	ÁREA DORMITÓRIO 2 [m ²]	ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 1 [m ²]	ÁREA DE JANELA DORMITÓRIO 2 [m ²]	ÁREA SALA [m ²]	ÁREA DE JANELA SALA [m ²]	ÁREA COZINHA [m ²]	ÁREA DE JANELA COZINHA [m ²]	ÁREA BANHEIRO [m ²]	JANELA BANHEIRO [m ²]	ÁREA DE SACADA [m ²]	FACHADAS COM REENTRÂNCIAS	CIRCULAÇÃO COMUM. ELEVADORES E ESCADAS [m ²]	GRUPO
1	TIPO 1	46,27	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,70	7,41	1,41	1,41	11,33	3,05	5,50	1,65	2,41	0,35	2,14	Em todas as fachadas	48,46	1
2	TIPO 2	46,03	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	8,70	7,41	1,41	1,41	11,33	3,05	5,50	1,65	2,41	0,35	2,14	Em todas as fachadas	48,46	1
3	TIPO 1	51,06	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,03	7,61	1,41	1,41	15,87	2,51	6,73	1,41	3,03	0,35	2,06	Em todas as fachadas	89,36	1
4	TIPO 2	50,26	2,00	alvenaria estrutural de bloco de concreto.	16,50	14,00	9,82	7,61	1,41	1,41	12,08	2,51	6,90	1,41	3,19	0,34	2,73	Em todas as fachadas	89,36	1
5	TIPO 1	49,60	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,31	6,93	1,64	1,19	15,97	2,44	6,14	1,19	2,55	0,29	1,55	Em todas as fachadas	50,32	1
6	TIPO 2	46,77	2,00	alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	17,50	15,00	8,79	6,67	1,19	1,64	12,75	2,44	5,93	1,19	2,39	0,29	1,54	Em todas as fachadas	50,32	1
9																				

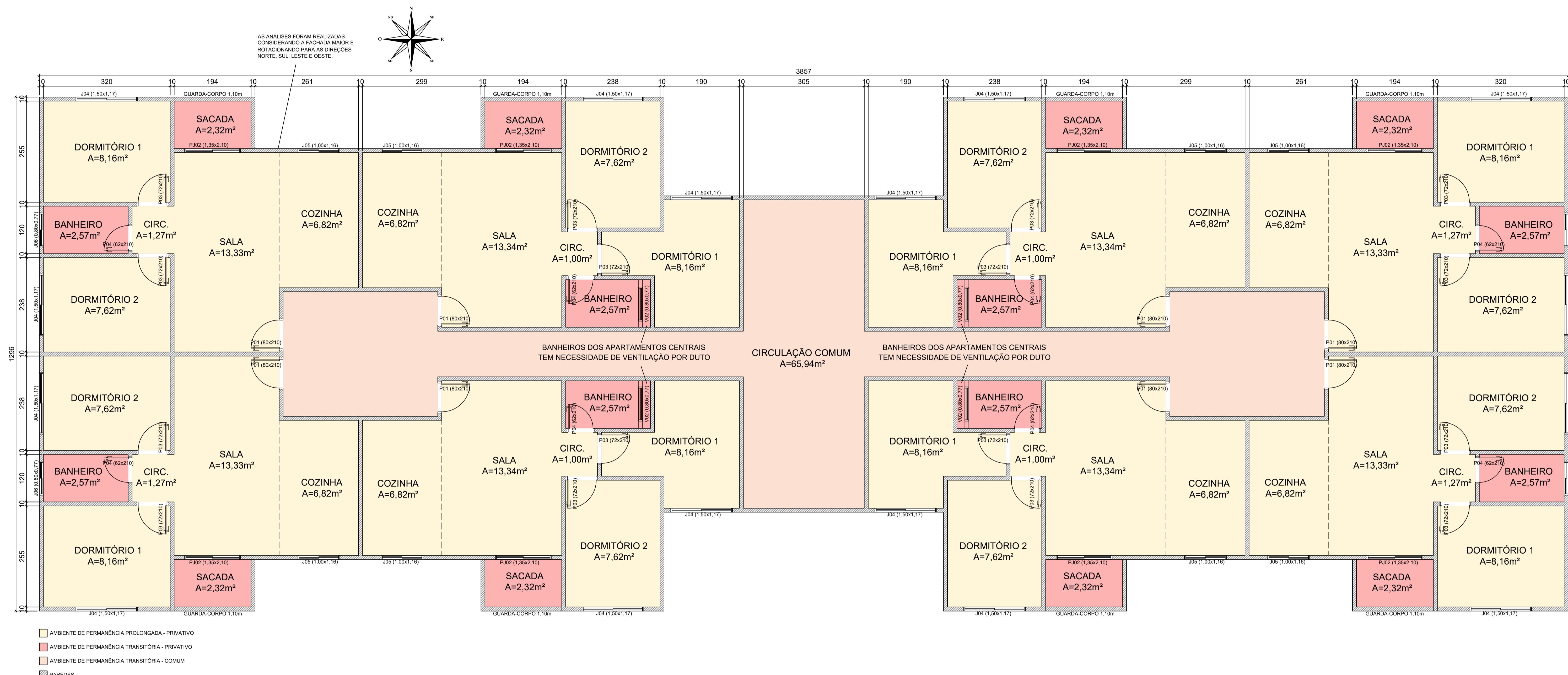
**APÊNDICE B – MODELO DE EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO
GRUPO 1**



EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA - GRUPO 1

Conteúdo:	PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO GRUPO 1	DATA	24/05/24
Aluna:	JÚLIA ELOISA DERLAN	ESCALA	1:50
Título da dissertação:	ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO ARQUITETÔNICA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA IN-R: ESTUDO DE AMOSTRA DE EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM JOINVILLE	FOLHA	01/01

**APÊNDICE C – MODELO DE EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO
GRUPO 2**



EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA - GRUPO 2

Conteúdo: PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO REPRESENTATIVA DO GRUPO 2

	DATA 24/05/24
--	------------------

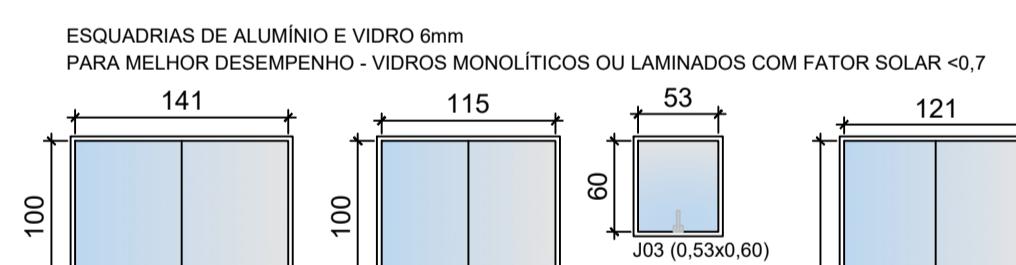
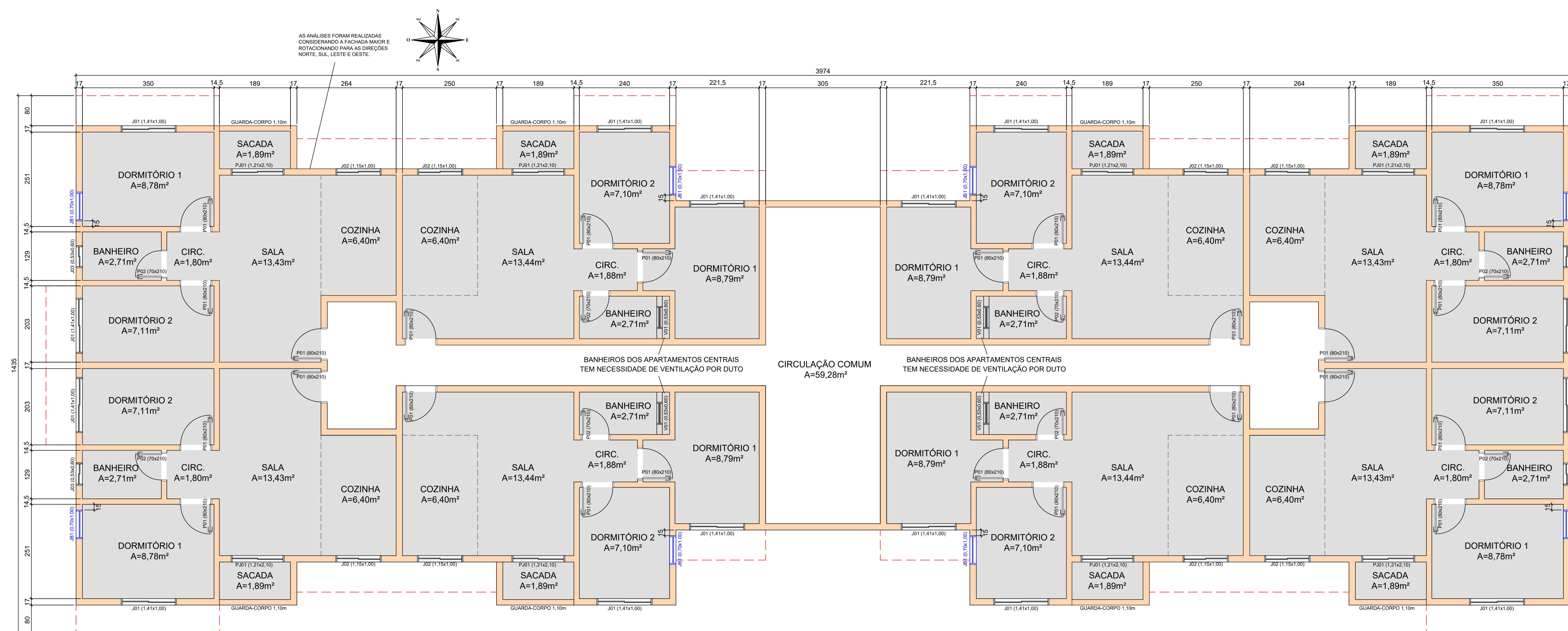
Aluna: JÚLIA ELOISA DERLAN

ESCALA
1:50

Título da dissertação: **ANÁLISE DO IMPACTO DA PADRONIZAÇÃO ARQUITETÔNICA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA INI-R: ESTUDO DE AMOSTRA DE EDIFICAÇÕES MUI TIFAMII IARES FM JOINVILLE**

FOLHA
01/01

**APÊNDICE D – PROPOSTA DE MODELO REPRESENTATIVO PARA
UTILIZAÇÃO EM JOINVILLE**



PROPOSTA DE MODELO REPRESENTATIVO PARA UTILIZAÇÃO EM JOINVILLE

a: JÚLIA ELOISA DERLAN

DATA
24/05/24

ESCALA

1.50

01/01 148