

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

**ANÁLISE COMPUTACIONAL DO CONFORTO TÉRMICO EM UNIDADE  
HABITACIONAL DO PROGRAMA CASA POPULAR DO GOVERNO  
BRASILEIRO: PROPOSTA DE MELHORIAS APLICÁVEIS ÀS EDIFICAÇÕES**

RUY HULDORICO SOUZA JUNIOR

Joinville  
2019

RUY HULDORICO SOUZA JUNIOR

**ANÁLISE COMPUTACIONAL DO CONFORTO TÉRMICO EM UNIDADES  
HABITACIONAIS DO PROGRAMA CASA POPULAR DO GOVERNO  
BRASILEIRO: PROPOSTA DE MELHORIAS APLICÁVEIS ÀS EDIFICAÇÕES**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos, na Universidade da Região de Joinville.  
Orientador: Prof. Dr. Claiton Emilio do Amaral.

Joinville

2019

## Catalogação na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

S726a Souza Junior, Ruy Huldorico  
Análise computacional do conforto térmico em unidades habitacionais do programa casa popular do governo brasileiro: proposta de melhorias aplicáveis às edificações/ Ruy Huldorico Souza Junior; orientador Dr. Claiton Emilio do Amaral. – Joinville: UNIVILLE, 2019.

105 p.: il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de Joinville)

1. Habitação popular – Aquecimento e ventilação. 2. Materiais – Propriedades térmicas. 3. Blocos de concreto. 4. Processamento eletrônico de dados. 5. Energia – Conservação. I. Amaral, Claiton Emílio do (orient.). II. Título.

CDD 720.47

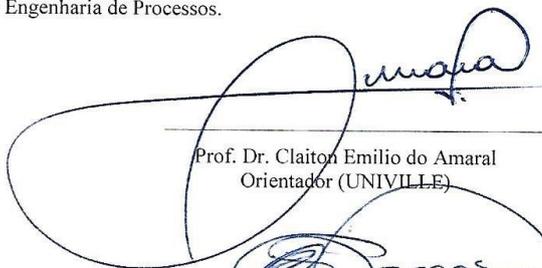
## Termo de Aprovação

**“Análise computacional do conforto térmico em unidade habitacional do programa casa popular do governo brasileiro: proposta de melhorias aplicáveis às edificações”**

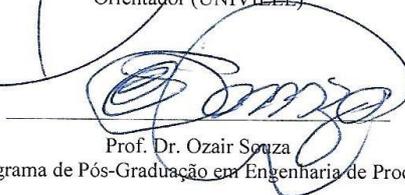
por

Ruy Huldorico Souza Junior

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos, área de concentração Engenharia de Processos e Tecnologias Limpas e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos.

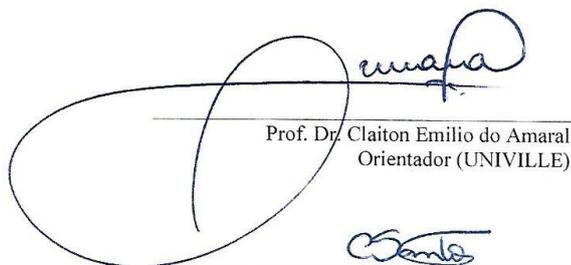


Prof. Dr. Claiton Emilio do Amaral  
Orientador (UNIVILLE)



Prof. Dr. Ozair Souza  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (UNIVILLE)

### Banca Examinadora:



Prof. Dr. Claiton Emilio do Amaral  
Orientador (UNIVILLE)



Profa. Dra. Carine Cardoso dos Santos  
(Católica de Santa Catarina)



Prof. Dr. Renato Cristofolini  
(UNIVILLE)

Joinville, 29 de agosto de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me concebido a vida e estar ao meu lado em todos os momentos da vida e nunca ter me abandonado.

A minha família, por ser a base de tudo que sou hoje, sem eles jamais teria alcançado o que sou hoje. Graças a insistência de minha mãe e ao trabalho de meu pai, me proporcionaram todo o estudo que possuo até hoje.

As minhas irmãs, por desde cedo me incentivarem ao estudo e tomarem lição.

A minha sobrinha, que me fez enxergar o lado da docência ao ajudá-la sempre nos estudos.

A Universidade da Região de Joinville, pela oportunidade de realizar e defender esta dissertação de mestrado.

Ao CAPES pela bolsa integral concebida.

Ao professor Dr. Claiton Emilio do Amaral, orientador e amigo, por ter aceitado o desafio de me orientar sem nunca termos tido contato anteriormente, meu sincero e profundo agradecimento eterno.

A Professora Dra. Carine Cardoso dos Santos, por durante toda minha jornada acadêmica ter sido uma referência e toda a prestatividade ao longo de todos os anos.

A todos os professores, especialistas, mestres e doutores que tive durante toda a jornada acadêmica pois todo o conhecimento que tenho hoje fora graças a todos os envolvidos ao longo destes anos.

Aos amigos próximos que me incentivaram e compreenderam as noites dedicadas para este projeto.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs, pela compreensão, incentivo ao longo de todos destes anos e por me ensinarem os valores que levarei comigo para o resto da vida.

## RESUMO

O alto impacto que a falta da eficiência energética ocasiona à sociedade gera consequências que refletem em questões sociais, ambientais e econômicas. Desta forma, surge a necessidade de analisar as edificações de modo a se alcançar uma maior eficiência energética. Tendo em vista que grande parte da população brasileira é pertencente as classes mais baixas, sendo estas o principal foco de programas populares do governo brasileiro. Por este motivo, esta pesquisa trata de um estudo computacional da eficiência energética de uma edificação, visando o conforto térmico, que tem como objetivo analisar uma unidade habitacional do programa Minha casa minha vida localizada na cidade de Joinville – Santa Catarina, visando propor melhorias construtivas aplicáveis a esta edificação resultando em uma simulação de melhor performance térmica e energética. Desta forma, por meio de um estudo computacional por foi realizada uma análise da demanda energética anual necessária para manter o ambiente interno em conforto térmico e posterior comparação a mesma residência quando alterado o material de envoltória para um material específico sugestivo em norma de conforto térmico NBR 15.220:2005. Além disto, mediante a demanda energética anual de ambos os casos, foi calculada a economia obtida em energia elétrica e uma estimativa do orçamento, apresentando assim o período de retorno do investimento feito na alteração do fechamento traz a residência. Por meio da presente pesquisa foi possível comprovar a eficiência da utilização de blocos de concreto, quando comparado os blocos cerâmicos, na alvenaria estrutural das residências do programa Minha Casa Minha vida do Loteamento Cubatão II na cidade de Joinville/SC, mesmo o custo por m<sup>2</sup> de fechamento ser de aproximadamente 46% superior, a demanda energética corresponde a 17% de economia do consumo nominal anual, fazendo com que em 14,2 anos haja retorno do investimento na alteração da envoltória da edificação. E, a partir destes resultados então, foram avaliados os benefícios tangíveis obtidos, de forma com que este estudo possa ser adotado como referência para instigar, fundamentar e justificar a aplicação da NBR 15.220:2005, aliada a análise computacional, em obras residências a serem executadas de modo a obter o máximo de conforto térmico para seus usuários.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Conforto Térmico, Análise Computacional, Bloco de Concreto, NBR-15.220/2005.

## ABSTRACT

The high impact that the deficit of energy efficiency brings on society has consequences that reflect on social and environmental and economic issues. As a result, there is a need to study buildings in order to achieve greater energy efficiency. Much of the Brazilian population belongs to the lower classes, which are the main focus of popular programs of the Brazilian government. For this reason, this research is a study of the energy efficiency of a building focusing on thermal comfort, which aims to analyze a housing unit of the Minha Casa Minha Vida program located in the city of Joinville - Santa Catarina, aiming to propose applicable constructive improvements to this building resulting in better thermal and energy performance. Thus, through a computational study by simulation will be performed an analysis of the annual energy demand needed to maintain the internal environment in thermal comfort and subsequent comparison the same residence when changing the wrapping material to a specific material suggestive in thermal comfort norm 15.220: 2005 for the city under study. In addition, through the annual energy demand of both cases, the savings obtained on electricity and an estimate of the budget of both envelopes will be calculated, thus presenting the return period that the investment made in the alteration of the closure brings the residence. And, from these results then, evaluate the tangible benefits obtained, so that this study can be adopted as a reference to instigate, justify and verify the application of the norm 15.220: 2005, allied to computational analysis, in future works of residence get maximum thermal comfort for its residents. Through this study it was possible to prove the efficiency of the use of concrete blocks, when compared to ceramic blocks, in the structural masonry of the residences of the program Minha Casa Minha Vida of Cubatão II Allotment in the city of Joinville / SC to have a better comfort. Even though the cost per m<sup>2</sup> of closure is approximately 46% higher, the energy demand corresponds to 17% of annual nominal consumption savings, resulting in a 14.2 year return on investment in the edification.

**Key words:** Energy Efficiency, Thermal Confort, Buildings, Computational Analysis, Concrete Blocks, Eenergy Demand.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Déficit habitacional ao longo dos anos (em unidades).....	16
Figura 2: Crescimento do consumo final de energia global ao longo dos anos e a fração devida às edificações residenciais, comerciais e públicas.....	17
Figura 3: Ciclo de consumo de energia. ....	20
Figura 4: Somatória para resultar em desempenho térmico. ....	21
Figura 5: Fluxograma da geração do conhecimento energético.....	22
Figura 6: Gráfico de distribuição das fontes de emissão de dióxido de carbono.....	24
Figura 7: Evolução da demanda energética e da população mundial durante o século XX.....	24
Figura 8: Oferta de energia mundial por fonte no ano de 2005. ....	25
Figura 9: Panorama mundial sobre o surgimento dos regulamentos e das certificações.....	27
Figura 10: Fatores climáticos segundo escala.....	30
Figura 11: Níveis de planejamento da edificação e o clima. ....	31
Figura 12: Perda de energia em forma de calor de um pavimento asfáltico. ....	32
Figura 13: Zoneamento bioclimático brasileiro. ....	36
Figura 14: Temperatura por região.....	37
Figura 15: Diferença de temperatura entre zona rural e cidade. ....	38
Figura 16: As três fases de transmissão de calor em fechamentos opacos.....	45
Figura 17: Vidro x parcela absorvida.....	47
Figura 18: Distribuição de cargas em estrutura de concreto armado. ....	48
Figura 19: Distribuição de Cargas em Alvenaria Estrutural.....	48
Figura 20: Modelo de bloco cerâmico (à esquerda) e bloco de concreto (à direita). .	51
Figura 21: Interface gráfica do Software Domus - Procel Edifica.....	60
Figura 22: Fluxo metodológico do trabalho de pesquisa. ....	61
Figura 23: Mapa do estado de Santa Catarina, localização de Joinville. ....	62
Figura 24: Estratégias bioclimáticas para a cidade de Joinville/SC.....	64
Figura 25: Mapa da região da Vila Cubatão.....	65
Figura 26: Quadras do Loteamento Cubatão II. ....	66

Figura 27: Loteamento Cubatão II. ....	66
Figura 28: Dois tipos de residências do loteamento Cubatão II. ....	66
Figura 29: CUB de SC para 2013. ....	67
Figura 30: Fechamentos indicados para zona bioclimática 3. ....	71
Figura 31: Coberturas indicadas para zona bioclimática 3. ....	71
Figura 32: Planta baixa residência (Loteamento Cubatão II). ....	72
Figura 33: Fachada Residência (Loteamento Cubatão II). ....	73
Figura 34: Cortes Planta residência (Loteamento Cubatão II) ....	73
Figura 35: Modelo Geométrico utilizado via software Domus. ....	74
Figura 36: Modelo de fechamento, cobertura e piso usado em simulação. ....	74
Figura 37: Orientação solar pela manhã ao Nascer do sol (à Esquerda) e Orientação solar pela tarde ao pôr do sol (à direita). ....	76
Figura 38: Gráfico da contribuição de contribuição energética por parte (%). ....	79
Figura 39: Gráfico referente ao percentual mensal em gasto com energia elétrica devido ao uso de sistema de resfriamento – Caso real. ....	83
Figura 40: Gráfico referente ao comparativo de consumo mensal em gasto com energia elétrica devido ao uso de sistema de resfriamento de ambos os casos simulados. ....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Emissividade de superfícies.....	44
Tabela 2: Emissividade de superfícies (cor). ....	45
Tabela 3: Fator de absorvidade de material segundo coloração.....	46
Tabela 4: Condutividade térmica de materiais.....	46
Tabela 5: Impactos diretos das obras. ....	58
Tabela 6: Valores de Transmitância padrão para zona bioclimática 3. ....	70
Tabela 7: Ganho de energia médio diário (Watt) para cada parte da edificação simulada (Caso real). ....	77
Tabela 8: Ganho de energia média mensal por Radiação. ....	78
Tabela 9: Ganho de energia médio diário (Watt) para cada parte da edificação simulada (caso ideal). ....	80
Tabela 10: Redução do ganho de energia com alteração da envoltória (em W e %). .....	81
Tabela 11: Gasto em energia elétrica mês a mês – Caso real. ....	82
Tabela 12: Gasto em energia elétrica mês a mês – Caso ideal. ....	84
Tabela 13: Comparativo entre caso Real e caso Ideal.....	85
Tabela 14: Composição do custo por m <sup>2</sup> do fechamento externo em alvenaria cerâmica.....	87
Tabela 15: Composição do custo por m <sup>2</sup> do fechamento externo em Bloco de Concreto.....	88
Tabela 16: Custo total em fechamento externo.....	90
Tabela 17: Número de lotes por grupo. ....	91
Tabela 18: Gasto anual com energia elétrica para residência com fachada a nordeste. ....	92
Tabela 19: Economia em energia elétrica anual de todo o loteamento Cubatão II. ....	92

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de estudos da eficiência energética aplicados a construção civil. ....	28
Quadro 2: Variação Climática com escala. ....	39
Quadro 3: Características segundo ICS e ICA. ....	40
Quadro 4: Sombreamento indicado para zona bioclimático 3.....	68
Quadro 5: Vedações Externas adequadas para a zona bioclimática 3. ....	68
Quadro 6: Estratégias de mitigação para zona bioclimática 3 .....	69
Quadro 7: Estratégias de contorno para a zona bioclimática 3. ....	69
Quadro 8: Grau de rigorosidade segundo níveis de eficiência. ....	70

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	20
3.1 O CENÁRIO GLOBAL ATUAL.....	22
3.1.2 O novo nicho de mercado chamado eficiência energética.....	25
3.1.3 Importâncias da eficiência energética na construção civil.....	27
3.1.4 Parâmetros que afetam o consumo energético nas edificações.....	29
3.2 CLIMATOLOGIA URBANA.....	32
3.2.1 Fatores que interferem na climatologia urbana.....	33
3.2.2 O clima e a construção civil.....	35
3.2.3 O clima e a arquitetura.....	35
3.2.4 Ilhas de calor urbano.....	37
3.3 DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS COMPOSTOS NAS EDIFICAÇÕES.....	41
3.3.1 Normas de desempenho térmico.....	41
3.3.2 Propriedades térmicas dos materiais.....	43
3.3.3 Propriedades térmicas dependentes.....	43
3.3.4 Propriedades térmicas independentes.....	44
3.3.5 Comportamento térmico dos materiais de uma edificação.....	45
3.3.6 Alvenaria estrutural.....	48
3.3.7 Vantagens da alvenaria estrutural.....	50
3.3.8 Materiais utilizados para fechamento.....	51
3.4 CONTRIBUIÇÕES ENÉRGICAS PARCIAIS.....	52
3.4.1 Sistema de iluminação artificial.....	52
3.4.2 Sistemas de climatização artificial.....	53
3.5 O SURGIMENTO DA HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL.....	54
3.5.1 Programa minha casa minha vida.....	56
3.5.2 Especificação do empreendimento.....	57
3.5.3 Impactos dos investimentos realizados.....	58
3.6 <i>SOFTWARES</i> APLICADOS EM CONFORTO TÉRMICO.....	59

3.6.1 Domus Procel Edifica.....	59
<b>4. METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>60</b>
4.1 REGIÃO DE ESTUDO.....	62
4.2 LOTEAMENTO CUBATÃO II .....	65
4.2.1 Custo do empreendimento.....	67
4.3 DEFINIÇÃO DA ZONA BIOCLIMÁTICA E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE CALOR INICIAL.....	68
4.3.1 Envoltórias .....	69
4.4 DADOS DA SIMULAÇÃO .....	72
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>77</b>
5.1 TRATATIVA DE DADOS DE GANHOS DE ENERGIA .....	77
5.1.1 Ganhos de energia da edificação para o caso real .....	77
5.1.2 Ganhos de energia da edificação para o caso ideal. ....	79
5.2 ANÁLISE DE DEMANDA DA ENERGIA ELÉTRICA.....	82
5.2.1 Demanda e Consumo de energia elétrica para caso real .....	82
5.2.2 Demanda e Consumo de energia elétrica para o caso ideal .....	83
5.2.3 Comparativo entre simulações.....	84
5.3 CUSTO COM ALTERAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES .....	86
5.3.1 Comparativo em gastos energéticos com alteração do fechamento da edificação.....	90
5.4 ANÁLISE ECONÔMICA EM DEMANDA DE ENERGIA DO LOTEAMENTO CUBATÃO II.....	91
5.5 CONSIDERAÇÕES.....	93
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO A – ITENS DE APROVAÇÃO TIPOLOGIA 3 .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXO B – LEI Nº 7566, DE 20 DE NOVEMBRO DE 2013. ....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO C- DADOS CLIMÁTICOS DE SIMULAÇÃO PARA JOINVILLE .....</b>	<b>107</b>

## LISTA DE ABREVIações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia em Edificações

ICU – Ilha de Calor Urbano

IEA – Agência Internacional de Energia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

POC – Percentual de horas Ocupadas em Conforto

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC – Requisito de Avaliação da Conformidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações

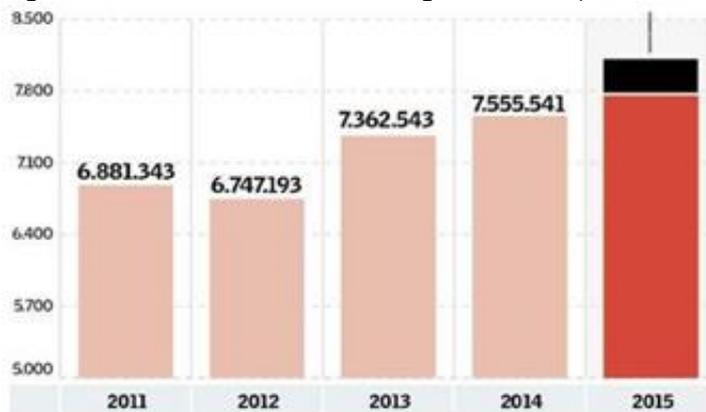
RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais

UE – União Européia

## 1. INTRODUÇÃO

Analisando as condições de acesso às habitações humanas existentes na atualidade, verificou-se que ano após ano o número de famílias que se inscrevem em programas governamentais para obtenção de residências de programas populares vem crescendo nos últimos anos, como mostra a Figura 1. Contudo, após a redução do incentivo federal devido à crise econômica, desde 2016 a entrega de residências vem cada mais sendo reduzida.

Figura 1: Déficit habitacional ao longo dos anos (em unidades).



Fonte: Fundação Getúlio Vargas (2018).

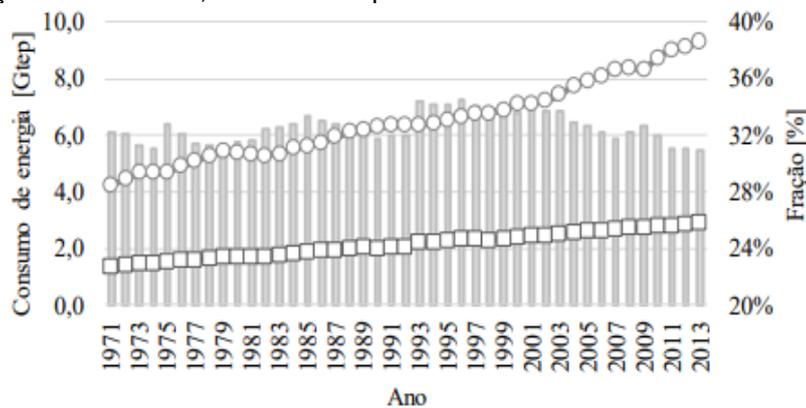
Tomando-se a cidade de Joinville, em Santa Catarina, como exemplo, isto não se difere. Segundo a Secretária da Habitação da cidade, no ano de 2016, aproximadamente 16 mil famílias aguardavam na fila e apenas 48 foram atendidas pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) municipal. Isto porque o programa “Minha casa, Minha vida”, do governo federal, não conseguiu liberar verbas para a cidade (SEHAB, 2017).

Um ponto relevante a ser observado, é que estas residências são projetadas, construídas e entregues às famílias inscritas sem que as mesmas tenham seguido as recomendações previstas pela NBR-15.220/2005-3 (Desempenho térmico de edificações: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social), ou seja, são construídas sem a preocupação em relação às questões de conforto térmico e eficiência energética.

Analisando sob outro ponto de vista, tem-se que a população brasileira cada vez mais está demandando um consumo maior de energia elétrica, e grande parte deste consumo é proveniente de novas edificações residenciais.

Segundo dados da International Energy Agency-IEA (2016), edifícios em geral, residenciais e comerciais apontaram um aumento de mais de 30% no consumo energético global, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2: Crescimento do consumo final de energia global ao longo dos anos e a fração devida às edificações residenciais, comerciais e públicas.



Fonte: adaptado de IEA (2016).

Com a alta demanda de energia elétrica, tem o país um alto custo, pois para atender uma maior demanda elétrica se faz necessária a complementação do suprimento de energia por meio da utilização de recursos não renováveis de energia, como gás, carvão, entre outros. Segundo a Agenda Urbana-Habitat III (2016), espera-se que a população urbana mundial duplique até 2050. Com isto, se a construção civil não apresentar medidas que minimizem o impacto no consumo energético, a demanda por energia elétrica tenderá a ficar muito maior.

Além do que já fora colocado, o alto consumo acarreta um grande impacto para a atmosfera, pois inúmeras fontes de energia, e até mesmo o uso de sistemas de refrigeração em indústrias e residências, geram gases que destroem a camada de ozônio, causando o efeito estufa. Com isto, além de haver menos vegetação, haverá cada vez mais centros urbanos, o que além de fomentar e agravar as ilhas de calor urbano, afetará ainda mais a vida das pessoas com relação a saúde, produtividade e qualidade de vida.

Existem inúmeras estratégias e ações para reduzir o consumo de energia elétrica em uma residência, uma delas podendo ser por meio de adequações e

implementação de um projeto aprimorado da edificação, com foco na eficiência energética e no conforto térmico.

O problema que se quer endereçar está associado ao fato de que grande parte das residências no Brasil não seguem as recomendações e especificações proposto pela Norma Regulamentadora NBR-15.220/2005-3, que trata do conforto térmico em edificações. Uma residência, se concebida visando o conforto térmico, por exemplo, irá realizar um menor consumo de energia elétrica devido a utilização de sistemas de refrigeração e ventiladores.

Diante de todos estes cenários, segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE) no final de 2017, cerca de 80% da população brasileira é classificada como classe C, D e E. Grande parte dos inscritos em programas de casa popular são provenientes da Classe C, que corresponde a 49% da população nacional. Desta forma, a abordagem deste trabalho consiste em analisar por simulação computacional uma residência, já em utilização na cidade de Joinville – Santa Catarina, do programa Casa Popular, visando seu conforto térmico e com isso identificar meios, possibilidades de alteração de projeto e materiais que possam ser consideradas e replicadas em projetos futuros visando uma melhor eficiência energética e também conforto térmico ao usuário.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o conforto térmico por simulação computacional de uma unidade habitacional do programa casa popular do governo brasileiro, localizada na cidade de Joinville – Santa Catarina, visando a proposição de melhorias construtivas aplicáveis a estas edificações que resultem em uma melhor performance térmica e energética.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcance do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar o tipo de fechamento aplicado em residência, a ser utilizada como objeto de estudo, já entregue do programa casa popular na cidade de Joinville/SC;
- b) Verificar as normas e legislações que englobam o cenário de conforto térmico e indicar o tipo de fechamento ideal para residências populares de programas federais, estaduais e municipais;
- c) Simular via *software* a demanda energética anual da residência atual do programa e comparar com o fechamento ideal;
- d) Orçar a execução de ambos os modelos, real e ideal, simulados e analisar o período de retorno do investimento para um fechamento alternativo;
- e) Propor melhorias para a performance global do loteamento estudado.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

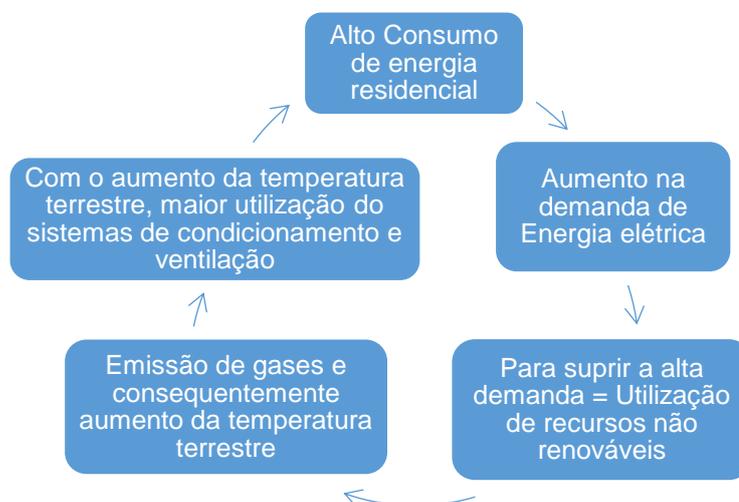
Dadas as condições humanas existentes na atualidade, os programas de habitação popular foram criados com o propósito de facilitar a realização do sonho da casa própria para a população. No Brasil, este tipo de programa beneficia inúmeros brasileiros pertencentes as Classes Sociais C, D e E. Na Classe C, encontra-se quase metade da população nacional (MONTEIRO, 2015).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018), tem-se que aproximadamente 208,5 milhões de pessoas pertencem a classe principal beneficiada pelo programa.

Aliado a isso, cada vez mais a população vem aumentando o consumo de energia. As principais fontes de energia elétrica no Brasil são as hidrelétricas, porém, em épocas de alta demanda (principalmente verão e inverno), usinas de carvão e gás são necessárias para complementar o abastecimento nacional. É importante ressaltar que estas não são fontes renováveis de energia. Pelo contrário, geram combustão, emitindo gases na atmosfera, que afetam diretamente o efeito estufa e aquecimento global. Com a crescente emissão de gases tem-se, então, o aumento da temperatura terrestre (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA –MME, 2011).

Ou seja, os seres humanos estão inseridos em um ciclo de consumo de energia, como apresenta a Figura 3.

Figura 3: Ciclo de consumo de energia.

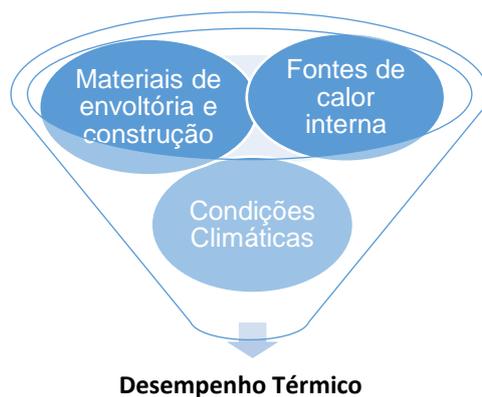


Fonte: Ministério de Minas e Energia – MME (2011).

Parte do consumo de energia elétrica global é proveniente das residências, devido ao aumento do uso de eletrodomésticos, sistema de iluminação, refrigeração, condicionamento de ar, entre outros. Com isto, uma forma de tentar reduzir o consumo de energia elétrica seria por meio de construções que visassem adequar os níveis de consumo da própria edificação (método construtivo e escolha dos materiais); Ou seja, analisar os aspectos globais que interferem no conforto térmico de uma edificação de modo com que, a edificação conseguisse permanecer por mais tempo em uma zona de conforto sem necessidade de sistemas artificiais para intervir na qualidade térmica do ambiente (MONTEIRO, 2015).

O desempenho térmico de uma edificação deve resultar do equilíbrio de fatores como: materiais de envoltória e construção; fontes de calor interna; e condições climáticas, como apresentados na Figura 4.

Figura 4: Somatória para resultar em desempenho térmico.



Fonte: Monteiro (2015).

Ao se tratar da análise do desempenho térmico de uma edificação, encontra-se um campo altamente diversificado, por conta da existência de inúmeros tipos de edificações. Desta forma, partindo do fato que grande parte da população tem acesso a programas de obtenção da casa própria, e que estes programas possuem modelos de residências pré estabelecidas, viu-se então a necessidade de uma abordagem neste tipo de programa afim de se propor melhorias na edificação, para que ela consiga se manter em conforto térmico, de modo a reduzir ou até mesmo eliminar o uso de sistemas de condicionamento de ar (ROMAGNOLI, 2016).

Com isto, o presente capítulo em escala macro, contextualiza o cenário mundial e o alto consumo de energia elétrica. Em seguida, contextualiza a eficiência energética

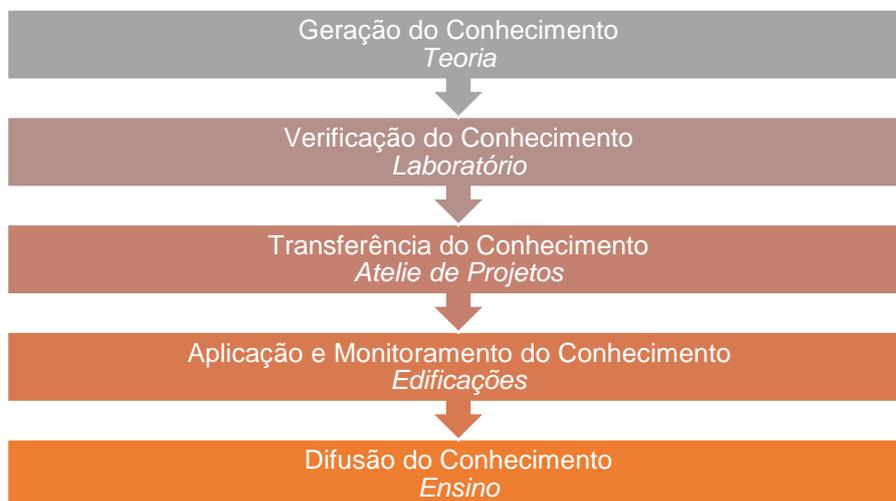
e o conforto térmico, analisando as normas e regulamentos existentes, tanto para a Engenharia Civil quanto para a Arquitetura, englobando todos os aspectos e parâmetros que interferem direta e indiretamente o conforto térmico e as soluções adequadas ou inadequadas. E, finaliza abordando o que são os programas de casa popular existentes no cenário nacional, quais critérios para obtenção, e uma análise e construção deste método de obtenção da casa própria.

### 3.1 O CENÁRIO GLOBAL ATUAL

Segundo a Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, ocorrida em Johannesburgo em 2002, até 2050 o mundo gastará o dobro da energia quando comparado ao ano de 2001. Assim, como um terço da humanidade (cerca de 2 bilhões de pessoas) depende da energia provinda da biomassa, ou seja, queima de lenha e carvão, grande parte da população utiliza a energia que possui fontes de combustíveis fósseis, recursos estes que não são renováveis (SEQUINEL, 2002).

Com isto, atualmente, países vêm investindo nos estudos realizados por inúmeros profissionais (arquitetos, engenheiros e projetistas) para pesquisar com o intuito de incentivar cidades, regiões, indústrias e residências a adaptarem-se às diferentes prioridades energéticas. Segundo Edwards (2008), isso tem início na concepção da geração do conhecimento, como mostra o fluxograma da Figura 05.

Figura 5: Fluxograma da geração do conhecimento energético.



Fonte: Edwards (2008).

A ideia parte do investimento no estudo dos profissionais (Geração do Conhecimento) para que estes realizem protótipos, os quais deverão ser validados (Verificação do Conhecimento). Em seguida, se inicia a elaboração dos projetos (Transferência do Conhecimento), e depois, colocam-se tais ideais em prática (Aplicação e Monitoramento do Conhecimento). Por fim, se o modelo experimental for validado na prática, utiliza-o de exemplo para aperfeiçoar e melhorar projetos futuros (Difusão do Conhecimento) (EDWARDS, 2011).

Porém, mesmo que grandes indústrias tendo esta preocupação, o mundo depara-se cada vez mais com um paradigma: o Aquecimento Global, que consiste na emissão de gases poluentes na atmosfera que, por fim, desencadeia inúmeros problemas - o principal deles sendo o efeito estufa, além do derretimento de calotas polares, aumento do nível do oceano, aumento da temperatura terrestre, entre outros. Apesar de existirem vários acordos e tratados internacionais, desde a Revolução Industrial, as emissões de Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) continuam crescendo e, segundo Edwards (2008), isso se deve a 3 principais motivos:

- a) Crescimento populacional mundial, o qual estima-se que atinja 10 bilhões até 2050;
- b) Herança de edificações antigas e ineficientes, uma vez que, em média, apenas 2% de todas as edificações antigas existentes são reformadas;
- c) Padrões crescentes de consumo, pois o ser humano está cada vez mais dependente da tecnologia, logo, cada vez mais utiliza sistemas de refrigeração para seu próprio conforto.

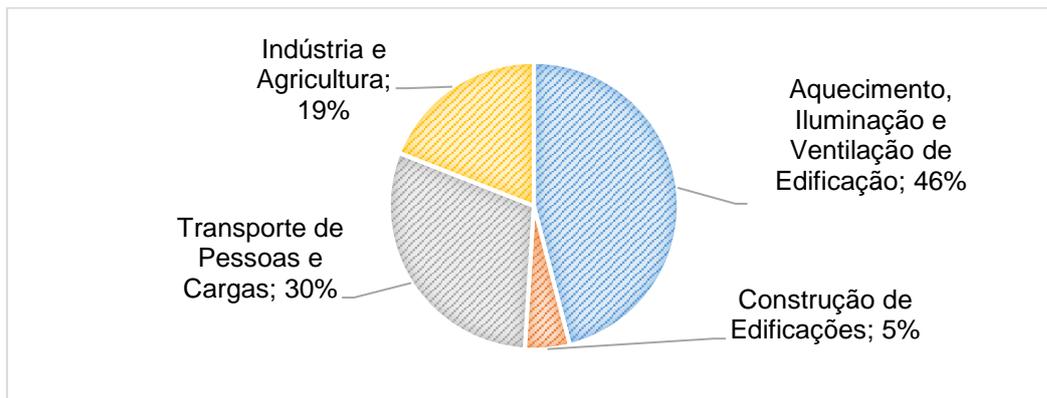
Desta forma, para o setor da construção civil, os desafios para minimizar tais impactos são diversos, porém, em síntese, consistem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído (LARROSA e BUENO, 2017).

Com a alta taxa de emissão de gases na atmosfera, tem-se então o fenômeno denominado efeito estufa. Para entender melhor, apenas metade de toda a energia da radiação solar é absorvida pela Terra, alterando, assim, o comprimento das ondas de luz. Parte desta energia é convertida em radiação infravermelha que fica confinada na atmosfera devido à presença de gases causadores do efeito estufa (Monóxido de carbono, metano, óxido nitroso e clorofluorcarboneto-CFC). Todos estes gases são

lançados na atmosfera devido a ação do homem e, segundo Edwards (2008), “as edificações, ou seja, a forma como são aquecidas, refrigeradas e iluminadas, são as principais responsáveis por este cenário iminentemente catastrófico”.

Segundo dados obtidos da Conferência da Haia em 2000, as principais fontes de emissão de dióxido de carbono estão demonstradas na Figura 6.

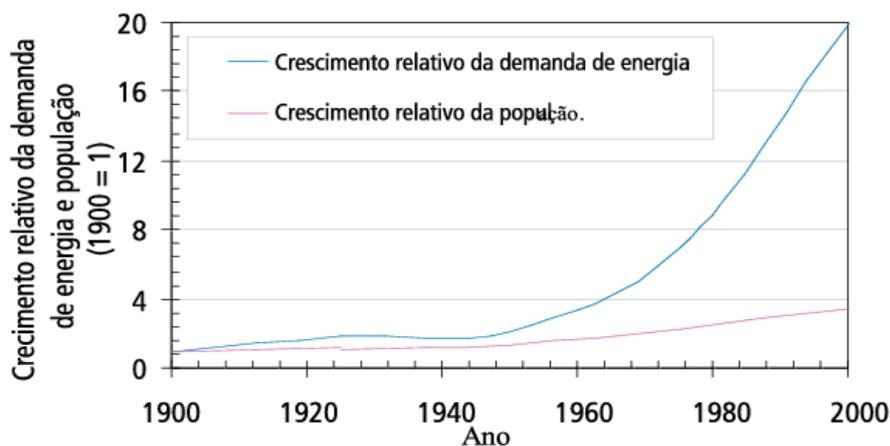
Figura 6: Gráfico de distribuição das fontes de emissão de dióxido de carbono.



Fonte: Araújo (2007).

Segundo Araújo (2007), “Ao considerarmos séries históricas mais extensas, é impressionante a expansão vertiginosa da demanda de energia, sobretudo, como eletricidade e derivados de petróleo, nos países industrializados” como apresenta a Figura 7.

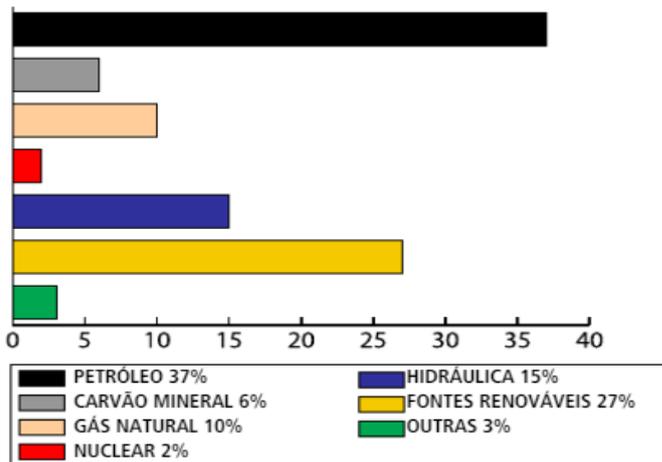
Figura 7: Evolução da demanda energética e da população mundial durante o século XX



Fonte: Araújo (2007).

Ao analisar os dados da Figura 8, extraídos da Agência Internacional de Energia – IEA, o petróleo (fonte não renovável e altamente poluidora) é a fonte de energia mais utilizada no mundo.

Figura 8: Oferta de energia mundial por fonte no ano de 2005.



Fonte: IEA (2006).

### 3.1.2 O novo nicho de mercado chamado eficiência energética

Muitos acontecimentos ao longo da história da humanidade não possuem data precisa, porém, a preocupação pela eficiência energética tem: 17 de outubro de 1973, também conhecido “choque do petróleo”. Neste dia, os produtores da Organização dos Países Exportadores de Petróleo - OPEP reduziram a extração de petróleo, o que fez com que, a partir desta data, o barril de petróleo passasse a custar R\$12 reais, sendo que, há 90 dias, custava aproximados R\$3 reais. Todo este aumento em um curto período causou uma crise no setor de edificações (ROMÉRO REIS, 2012).

Até esta data não se tinha conhecimento de leis e regras específicas que tratassem do consumo de energia em edificações. Porém, a partir disto, segundo Roméro e Reis (2012), “iniciou-se uma preocupação, em larga escala, do desenvolvimento de regulamentos e estratégias, onde se tinha a diminuição ou extinção do consumo energético [como objetivo], além do estabelecimento de políticas de incentivo”. Foi então que, a partir de 1973, grandes países como França, Reino

Unido e Estados Unidos iniciaram seus estudos na área da eficiência energética em edificações.

Dentre os estudos realizados, aquele com maior destaque originou-se na França, e serviu de exemplo para inúmeros países. A pesquisa partiu do conceito de tecnologias passivas, ativas e proativas. Segundo Roméro e Reis (2012):

Tecnologia solar passiva são aquelas que se utilizam das condições climáticas do local para atingir os níveis desejados de conforto ambiental e eficiência energética, utilizando largamente as envolventes verticais e horizontais, opacas e transparentes, e não demandam a utilização de nenhum tipo de energia para o seu funcionamento, a não ser a energia solar eletromagnética.

São exemplos de tecnologias solar passiva:

- a) A correta escolha do material de construção;
- b) As condições climáticas locais;
- c) Os edifícios vizinhos e suas influências;
- d) A amplitude térmica, velocidade dos ventos e umidade relativa local;
- e) Os quadrantes de maior radiação;
- f) Viabilidade de captação da luz solar sem elevação da carga térmica;

Uma vez analisadas as variáveis, dá-se sequência para a implementação das tecnologias ativas, que são as que geram consumo energético. São exemplos:

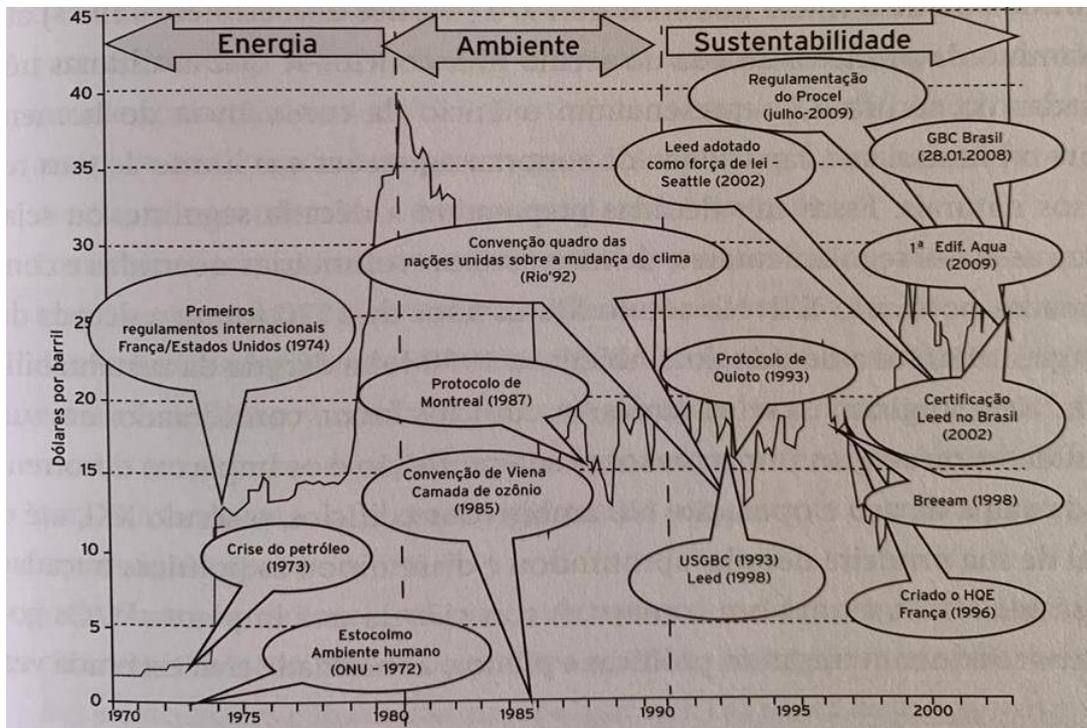
- a) Escolha das lâmpadas para os ambientes internos e externos;
- b) Colocação de sensores de presença em áreas de circulação;
- c) Escolha dos equipamentos de refrigeração com baixa potência;
- d) Gerenciamento de elevadores;
- e) Controladores de demanda de pico.

E por fim, implementam-se as tecnologias proativas, que não possuem gasto energético e somente são viabilizadas no fim da etapa de construção, pois estas são consideradas ofertas de energia. Alguns exemplos são:

- a) Coletores e painéis solares para aquecimento de água e geração de energia elétrica;
- b) Turbinas eólicas de pequeno porte.

Segundo estudos de Yudelson (2015), até o conceito de eficiência energética possuir a definição que se tem atualmente, foi preciso passar por duas grandes vertentes, que foram a crise energética e a crise ambiental, para então iniciar a era de sustentabilidade, onde, se teve uma preocupação global quanto à consequência de todas as tomadas de ações. A Figura 9 demonstra o panorama mundial, em ordem cronológica, dos fatos e marcos globais que ocorreram até aos avanços do início do Século XXI.

Figura 9: Panorama mundial sobre o surgimento dos regulamentos e das certificações.



Fonte: Roméro e Reis (2012).

### 3.1.3 Importâncias da eficiência energética na construção civil

Segundo Pelsmakers (2012), “cerca de 25% dos gases emitidos na atmosfera são para funcionamento da edificação”, neste caso, para manter o ambiente em uma zona de conforto (sistema de condicionadores de ar). Segundo Rodrigues (2015):

“Dado o vulto do consumo energético na construção civil, a busca por edificações mais eficientes é antes de mais nada uma necessidade global duplamente justificada. De um lado, a oferta de energia requer mais soluções inovadoras face a finitude dos recursos; de outro, a

demanda tende a manter perfil crescente nas próximas décadas, diante do crescimento populacional urbano e do uso de tecnologias para conforto térmico”.

Logo, a definição de eficiência energética em edificações acaba sendo o uso de recursos e materiais possíveis, de forma a se obter/conseguir “mais com menos”, buscando melhores projetos em termos energéticos e construções que não gerem danos à sociedade e, principalmente, ao meio ambiente (JAMES; TELI, 2014).

Desta forma, no Brasil, é crescente o número de pesquisas que visam o estudo do impacto da eficiência energética, como apresenta o Quadro 1.

Quadro 1: Lista de estudos da eficiência energética aplicados a construção civil.

<b>Temática</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>
Estudos de caso	BARROS, N. N.; CARLO, J. C.	Modelagem generativa integrada à eficiência energética: estudo da otimização da forma de edificações institucionais.	2017
	GOMES, F. B.	Sustentabilidade na construção civil e as certificações: análise de aplicações em edificações do selo Leed no Distrito Federal.	2018
	ARAUJO, C. <i>et al.</i>	Soluções de reabilitação para a melhoria de eficiência energética de edifícios.	2018
Análise Computacional	GRIGOLETTI, G. de C.; FLORES, M. G.; SANTOS, J. C. P. dos	Tratamento de dados climáticos de Santa Maria, RS, para análise de desempenho térmico de edificações.	2015
	SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E.	Análise de propagação de incertezas físicas em simulação computacional dinâmica de edificações residenciais.	2016
	OLIVEIRA, L. K. dos S. <i>et al.</i>	Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável.	2016
	SILVA, B. S. da	Determinação do nível de eficiência energética do Bloco A do Campus Blumenau da UFSC através do programa PROCEL Edifica.	2018

Fonte: o autor (2019).

Diante este cenário, diversas normas técnicas e regulamentadoras surgiram para reportar as limitações enfrentadas da adoção de políticas da eficiência energética

nas edificações. Em países emergentes, como os da União Europeia (EU), o primeiro plano, a *Energy Performance of Building Directive – EPBD* (Diretiva para o Desempenho Energético de Edificações), lançada em 2002 e atualizada em 2010, é a diretriz básica para as normas recentes sobre o assunto em todos os países da UE e estabeleceu obrigatoriedade da edição, incluindo métodos de avaliação de performance energética, os quais deverão ser relacionados ao consumo de energia quase-zero nas propriedades à venda ou para alugar a partir do ano de 2020 (BRASIL EPE, 2014).

Para o Brasil, as primeiras medidas com relação a eficiência energética surgiram do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, iniciado em 1985, que estabeleceu ações isoladas de aparelhos/produtos, e foram ressaltadas pela Lei nº10.295/2001.

Em 2003, a Procel cria o Procel-Edifica, novo subprograma voltado especificamente para eficiência energética de edificações e conforto ambiental. A partir deste ponto, o programa foi intensificando e inúmeras normas e portarias foram criadas a fim de regulamentar e avaliar o desempenho energético das edificações brasileiras. (BARANDIER *et al.*, 2013)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, publicou algumas normas de desempenho, conforto térmico e eficiência energética, entre elas:

- a) NBR 15220/05 – Desempenho Térmico de Edificações;
- b) NBR 15575/08 – Edificações Habitacionais – Desempenho (Revisado em 2013).

Em 2009, a Procel criou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia em Edificações – ENCE. Logo após, em 2011, em conformidade com o Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO, aprimorou e criou os termos do Requisito de Avaliação da Conformidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC), e em 2012, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ) (BARANDIER *et al.*, 2013).

### 3.1.4 Parâmetros que afetam o consumo energético nas edificações

Conforme já especificado, inúmeros fatores podem interferir no conforto térmico de uma edificação. Eles partem de fatores climáticos de escala global até a escala local, além dos elementos climáticos individuais. Conforme Lamberts *et al.* (1994) apresenta, os fatores climáticos se dividem conforme mostra a Figura 10.

Figura 10: Fatores climáticos segundo escala.

<b>Fatores climáticos globais</b>		RADIAÇÃO SOLAR	QUANTIDADE / QUALIDADE / INCLINAÇÃO DO EIXO TERRESTRE / EQUILÍBRIO TERRESTRE.
		LATITUDE,	
		ALTITUDE,	
		VENTOS,	
<b>Fatores climáticos locais</b>		TOPOGRAFIA	DECLIVIDADE / ORIENTAÇÃO / EXPOSIÇÃO / ELEVACÃO
		VEGETAÇÃO	
		SUPERFÍCIE DO SOLO	NATURAL OU CONSTRUÍDO / REFLEXÃO PERMEABILIDADE / TEMPERATURA / RUGOSIDADE
<b>Elementos climáticos</b>		TEMPERATURA	VALORES MÉDIOS / VARIAÇÕES / VALORES EXTREMOS / DIFERENÇAS TÉRMICAS ENTRE O DIA E A NOITE
		UMIDADE DO AR	ABSOLUTA / RELATIVA / PRESSÃO DE VAPOR
		PRECIPITAÇÕES	CHUVA / NEVE ( TODO O TIPO DE ÁGUA QUE PRECIPITA DA ATMOSFERA)
		MOVIMENTO DO AR	VELOCIDADE / DIREÇÃO / MUDANÇAS DIÁRIAS E ESTACIONAIS

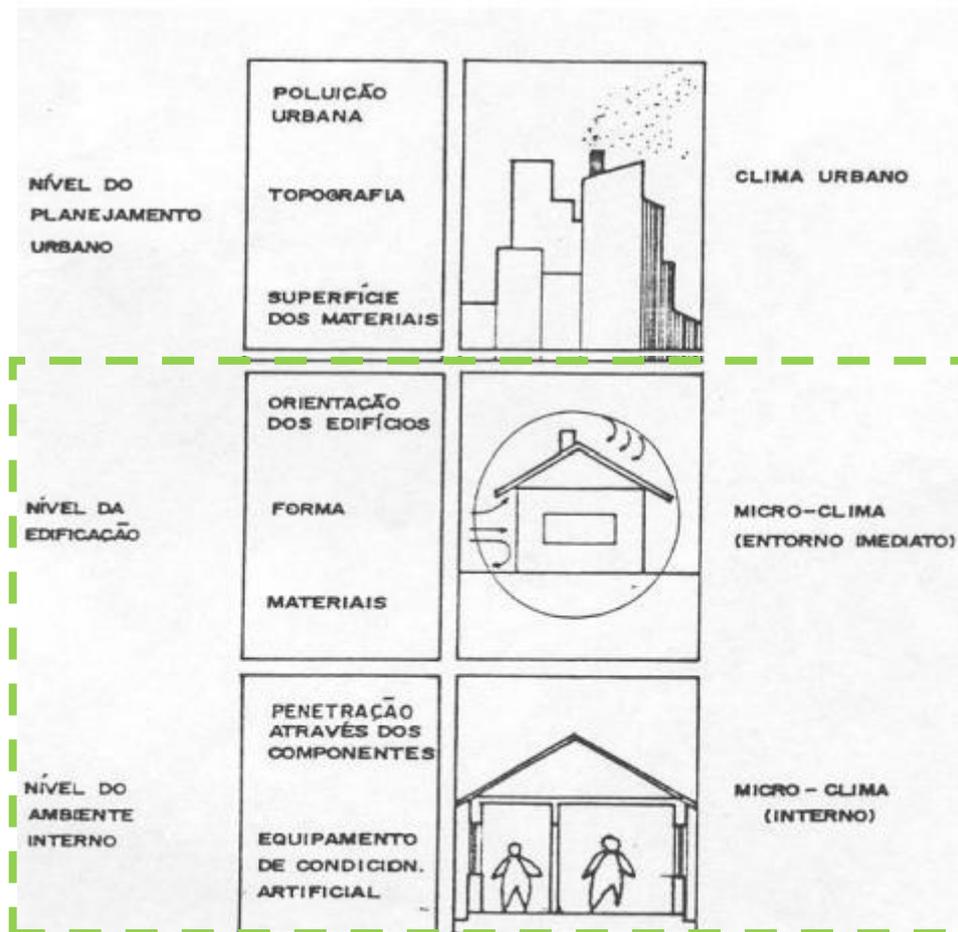
Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

Ao se planejar o conforto térmico, deve-se compreender que existem três níveis de planejamento que variam conforme sua escala, segundo Lamberts; Dutra; Pereira (1994), do macro ao micro, sendo:

- a) Nível de planejamento urbano: todas as variáveis que irão afetar toda edificação, indiferente da sua natureza;
- b) Nível da edificação: fatores que variam de edificio para edificio, podendo ser controlado e evitado;
- c) Nível do ambiente interno: compreende diretamente o comodo da edificação.

A Figura 11 apresenta tais fatores e as variáveis que interferem em sua devida escala.

Figura 11: Níveis de planejamento da edificação e o clima.



Fonte: Lamberts (1997).

Com isto, tem-se que o Nível da edificação e o Nível do ambiente interno podem ser facilmente estudados e aplicados em projetos de edificações uma vez que os profissionais da construção civil e arquitetura podem intervir individualmente, ao

contrário do nível de planejamento urbano que para se compreender tudo o que envolve são necessários diversos profissionais de várias áreas de conhecimento.

### 3.2 CLIMATOLOGIA URBANA

Muitas vezes confundida com meteorologia, a climatologia trata da dimensão física da atmosfera que aborda os fenômenos meteorológicos de maneira especializada. Assim, a climatologia se relaciona com o impacto dos fenômenos climáticos na vida do ser humano, uma vez que tais fenômenos afetam diretamente as condições de conforto deles (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Com o aumento da população e a conseqüente expansão das cidades e surgimentos de grandes metrópoles, inúmeros estudos apontam os resultados de tal crescimento, com base nas emissões de poluentes, uso de revestimentos impermeáveis no solo, desmatamento, impacto na vegetação da cidade e saúde das pessoas (MONTEIRO e MENDONÇA, 2015).

Conforme Voogt e Oke (2003), grande parte do desconforto térmico criado nos centros urbanos deve-se às camadas mais baixas da atmosfera. Um dos fatores que causa este desconforto é a temperatura superficial criada ao se trocar a camada natural do solo por materiais de baixa permeabilidade e alta absorvência térmica (capacidade do material absorver energia), impactando diretamente no clima interno de uma edificação. Um exemplo disto é a pavimentação asfáltica em dias de alta radiação solar, onde é possível ver este tipo de solo dissipar energia em forma de calor, como mostra a Figura 12.

Figura 12: Perda de energia em forma de calor de um pavimento asfáltico.



Fonte: Google Imagens (2019).

Segundo estudo realizado por Monteiro e Danni-Oliveira (2007), todas as características climáticas de um município são influenciadas pela tipologia e formato das edificações existentes. Logo, regiões com maior número de edificações, com indústrias e tráfego, tendem a ter a temperatura do ar mais elevada que regiões com menor volume de edificações e maior arborização. Uma prova deste acontecimento foi noticiada pela Agência Brasil, onde o número de atendimentos médicos motivados por doença respiratória cresceu em 30%, na cidade de São Paulo, devido à poluição atmosférica aliada à queda de temperatura e baixa umidade do ar (CRUZ, 2018).

Em conformidade com Monteiro (1976):

A cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Segundo Monteiro e Mendonça (2009), no Brasil, o primeiro grande estudo que abordou a climatologia urbana foi na década de 70 por Monteiro, com o qual ele definiu o Sistema Clima Urbano (SCU), que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. Para isto, ele elaborou uma abordagem teórica do comportamento climático das cidades delimitada por meio de 3 canais de percepção humana:

- a) Conforto térmico;
- b) Qualidade do Ar;
- c) Meteorológico.

Sendo estes 3 canais associados a 3 níveis de resolução do sistema:

- a) Termodinâmico;
- b) Físico-químico;
- e) Hidro meteórico.

### 3.2.1 Fatores que interferem na climatologia urbana

Inúmeros fatores influenciam diretamente a climatologia de uma região. Estes fatores, segundo Romero (2013), podem ser divididos em fatores climáticos globais, que se originam no macroclima, e fatores locais, que se originam no microclima.

Dentre os fatores globais, tem-se:

- a) Radiação solar;
- b) Latitude e Altitude;
- c) Ventos;
- d) Massa de água;
- e) Terra.

Já os fatores locais têm-se:

- a) Topografia;
- b) Vegetação;
- c) Superfície do solo.

Enquanto os elementos são:

- a) Temperatura;
- b) Umidade do ar;
- c) Precipitações;
- d) Movimentos do ar.

Em conformidade ao estudo de Synnefa *et al.* (2006), as propriedades térmicas dos materiais interferem diretamente no balanço de radiação climatológica. Alguns exemplos dessas propriedades são: albedo, capacidade térmica, absorvância térmica, transmitância térmica, emissividade, entre outros.

Ao analisar os fatores globais e locais é possível afirmar se uma edificação consegue proporcionar conforto térmico a seus usuários. Porém, para poder se identificar tal situação, se faz necessário delimitar a região de estudo, realizando, então, o estudo do microclima urbano (VOOGT e OKE, 2003).

A análise do microclima é um excelente ponto de partida para se obter os parâmetros e informações do local, onde a edificação estará inserida. Segundo Mendler e Odell (2000, p. 75):

“A tratativa de dados microclimáticos deve ser uma das primeiras ações de um projeto energético. Utilizar a classificação climática mundial de Koppen-Geiger, é a mais reconhecida ferramenta inicial para esse tipo de abordagem. Arquivos climáticos do local podem complementar essa caracterização.”

### 3.2.2 O clima e a construção civil

O clima era o principal agente na elaboração de construções, visto que a construção é análoga a uma camada extra para os seres humanos, já que os protege de intempéries impostos pela climatologia. Segundo Ribeiro (p. 71, 2008):

Para as diversas zonas climáticas do planeta, tem se respostas arquitetônicas muito distintas. Muitas vezes estas respostas vão de encontro a uma arquitetura vernacular onde materiais e técnicas construtivas peculiares do local são utilizados de modo a propiciar melhor conforto térmico nas edificações.

Entretanto, com a Revolução Industrial, a modernidade, o crescimento populacional e a tecnologia se tornaram fatores que contribuíram para o abandono das questões climáticas. A arquitetura moderna, a internacionalização de estilos e práticas construtivas foram tomando lugar e dando forma às edificações, deixando a questão climática de lado. Desta forma, se o conforto térmico não fosse alcançado, havia a disponibilidade de equipamentos condicionadores térmicos para alcançar tal conforto de modo não natural.

Contudo, a utilização do sistema de condicionadores de ar em larga escala se tornou custosa ao homem, principalmente tratando do Brasil, onde a fonte de energia é cara, ou seja, o consumo energético dos aparelhos é elevado. Além disto, tem-se o atual cenário de escassez de recursos energéticos, onde cada vez mais se preocupa com a eficiência energética (DINIZ, 2010).

### 3.2.3 O clima e a arquitetura

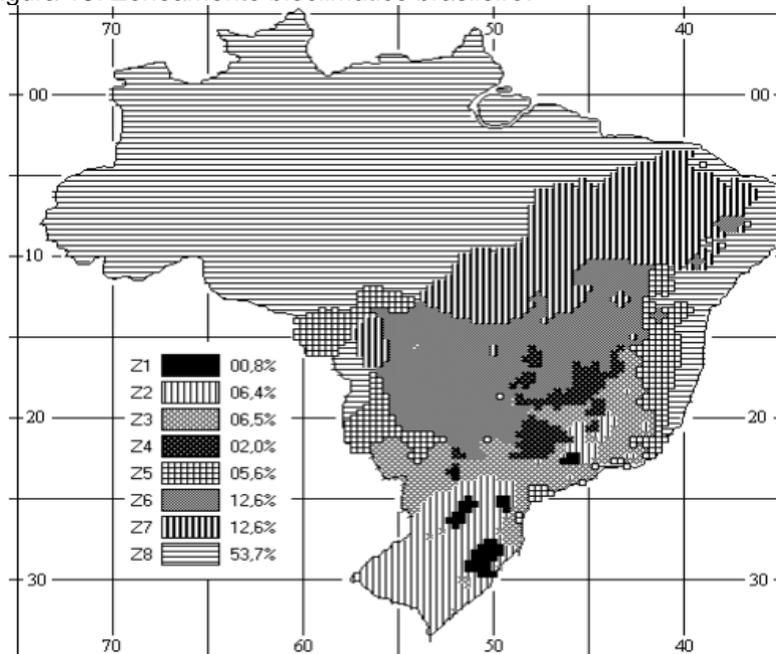
Ao se associar um projeto arquitetônico à climatologia do local, tem-se que a análise do microclima é o primeiro ponto de partida de um projeto eficiente. Para isto, na década de 60, foi criada a carta bioclimática, com o objetivo de satisfazer as demandas de conforto térmico para os usuários em uma edificação, por meio das técnicas e materiais disponibilizados no mercado em conformidade com o clima da região onde estará sendo construído o empreendimento (BARANDIER *et al.*, 2013).

Todavia, como ressalta Lamberts (1997), somente com a crise energética ocorrida no final da década de 70 a carta bioclimática começou a ser altamente

utilizada. A partir de então, houve maior interesse em conservação de energia e maior cuidado com os impactos ambientais provocados na construção civil.

Para melhorar o uso das informações, a NBR-15.220/2005 utilizou a carta bioclimática como parâmetro e realizou o zoneamento bioclimático brasileiro. Desta forma, o mapa geográfico brasileiro foi subdividido em 8 zonas bioclimática, conforme apresenta a Figura 13. Cada zona bioclimática corresponde a estratégias de mitigação do calor com base nas características climáticas das cidades.

Figura 13: Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: NRB 15.220 (2005).

Desta forma, tem-se que, ao se analisar as condições do ambiente externo e seus elementos, se pode determinar de maneira mais adequada os materiais e técnicas a serem utilizadas nas construções, podendo estabelecer as condições naturais interiores de modo a satisfazer o conforto térmico do usuário. No caso contrário, onde tais condições internas não satisfazem o usuário, é necessária a utilização de um sistema forçado, como sistema de condicionadores de ar (BARANDIER *et al.*, 2013).

O zoneamento bioclimático brasileiro aliado a utilização da carta bioclimática acaba sendo um parâmetro inicial para análise de projeto, porém, esse estudo é generalizado, ou seja, ao analisar fenômenos como radiação e correntes de vento, é necessário um estudo mais detalhado que engloba as trocas térmicas da termodinâmica e os conceitos de mecânica dos fluidos. Com isto, projetistas partem

do estudo da carta bioclimática para analisar os efeitos das variáveis térmicas sobre a edificação (LOUREIRO, 2003).

#### 3.2.4 Ilhas de calor urbano

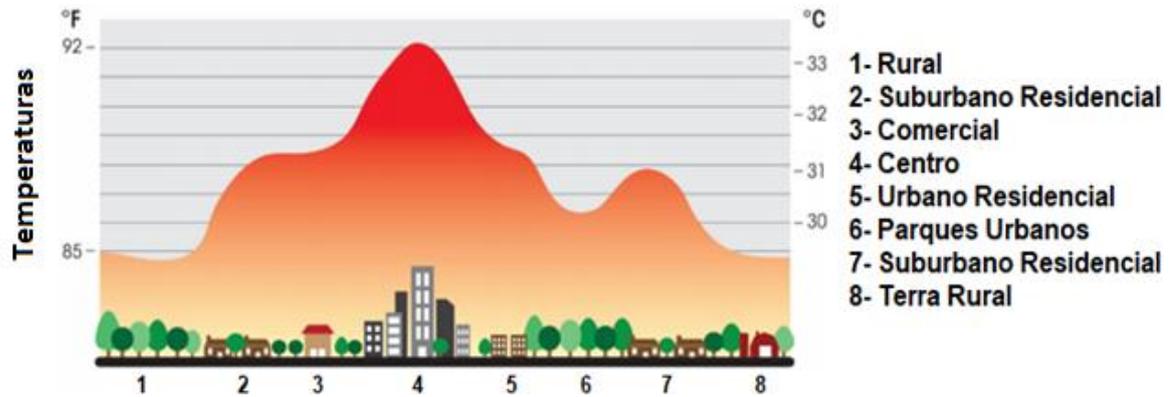
Todo município é composto de distintos padrões de edificações, habitações e espaços públicos. Ao passar dos anos, com o crescimento populacional aliado ao avanço tecnológico, houve o surgimento de grandes cidades, as quais denominadas de metrópoles (BLUMENSCHEIN *et al*, 2015).

Ao analisar os tipos de cidades existentes entre os séculos XVI a XIX, tem-se que grande parte era de caráter rural, ou seja, predomínio de estradas de chão e muita vegetação.

Porém, com a expansão territorial, houve a substituição das superfícies naturais por materiais artificiais, o que além de degradar o meio ambiente, emitem gases e materiais particulados na atmosfera. Desta forma, a incidência da radiação solar que antes era diretamente sob a vegetação, hoje encontra inúmeras barreiras artificiais, fazendo com que as cidades criem seus próprios climas devido ao impacto do desenvolvimento urbano no balanço de calor à superfície. Todo este processo da radiação sob o desenvolvimento urbano causa o fenômeno da ilha de calor urbano (BARROS; LOMBARDO, 2016)

As ilhas de calor urbano são uma ação térmica antrópica, resultante da diferença de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais constituintes da superfície urbana, se relacionando com os demais fatores como localização geográfica, poluição atmosférica, alteração nas amplitudes térmicas, fortes precipitações, entre outros. A Figura 14 apresenta as amplitudes de temperatura por região (COSTA FILHO, 2009).

Figura 14: Temperatura por região.



Fonte: Barros; Lombardo (2016).

Segundo De Barros e Lombardo (2016), as principais causas da formação das ICU são:

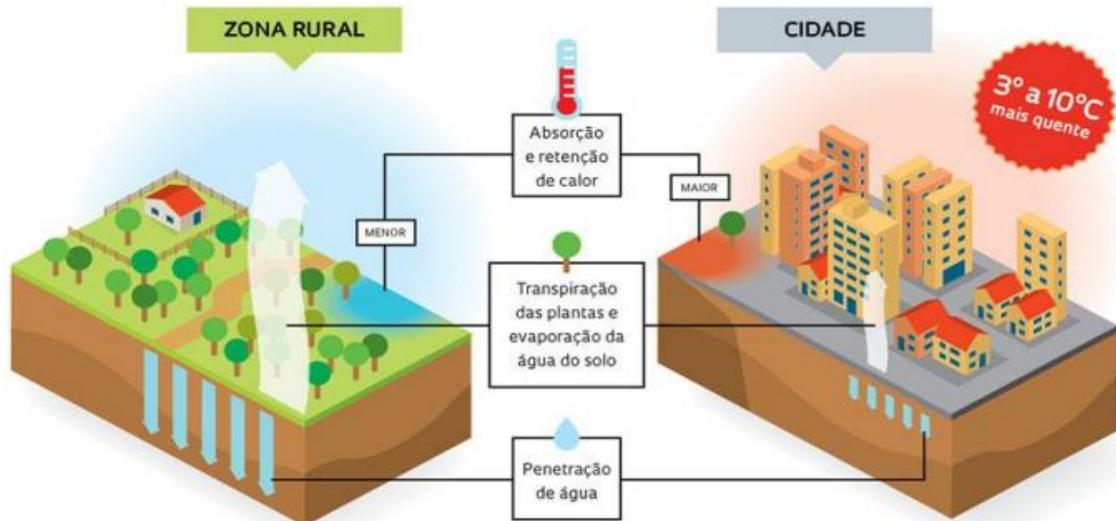
- a) Ações antrópicas: mudança do uso e cobertura da terra, ações de poluição provocadas por condicionadores de ar, indústrias, meios de transporte, entre outros;
- b) Propriedades das superfícies urbanas: os telhados e pavimentos, por serem de cor escura, absorvem mais de 75% da energia de radiação, desta forma a superfície emite calor e aquece o ar do entorno.

As consequências geradas pela formação das ICU são:

- a) Influência na qualidade do ar: Pelo ar estar mais quente, ocorre a formação de poluentes como ozônio e  $\text{NxO}$ ;
- b) Influência em doenças: Temperaturas mais elevadas, aliadas a piora da qualidade do ar, agravam as doenças respiratórias;
- c) Aumento do consumo de energia: Com a superfície mais quente, é necessário aumento do uso de sistema de condicionadores de ar.

A Figura 15 apresenta algumas diferenças de temperatura entre a zona rural e a cidade urbana.

Figura 15: Diferença de temperatura entre zona rural e cidade.



Fonte: Porangaba; Teixeira; Amorim (2017).

Garcia (1991), em procedência aos estudos realizados por Gomez e Garcia (1984), conseguiu aferir, para a cidade de Madrid, na Espanha, o impacto na diferença de temperatura criado pela formação de ICU. Para isto, ele realizou inúmeros pontos de coleta de temperatura pela cidade, abrangendo os mais distintos cenários e qualificou, via escala, as ilhas de calor, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Variação Climática com escala.

<b>Intensidade da Ilha de Calor</b>	
<b>Variação (°C)</b>	<b>Escala</b>
<b>0° - 2°</b>	Fraca
<b>2° - 4°</b>	Moderada
<b>4° - 6°</b>	Forte
<b>&gt; 6°</b>	Muito Forte

Fonte: Porangaba; Teixeira; Amorim (2017).

Muitos autores se baseiam na escala de Intensidade de Ilha de Calor como ponto de partida para estudos. Comumente as escalas de Forte e Muito Forte são maioria nos estudos que partem da análise dos centros urbanos, mais precisamente os locais de “vias formadas pelas paredes das edificações e as vias de circulação existentes entre estes edifícios”, denominada na literatura por “*Canyons*” (OKE, 1981).

Segundo Oke (1981, p.23):

“Um *canyon* pode conter diferentes microclimas formados, pois estes terão diferentes ângulos de incidência solar, além da modificação do fluxo de ventos a partir de sua forma. Portanto, os microclimas pelos *canyons* serão determinados pelos fluxos de radiação, propriedades térmicas e de umidade dos materiais de construção e da geometria dos mesmos”.

Desta forma, pode-se ressaltar que não exclusivamente as metrópoles e grandes centros urbanos vão apresentar o fenômeno de ilha de calor urbano, mas sim toda a cidade que apresentar fatores climáticos extremos e principalmente não possuírem um planejamento como um todo, pois mesmo uma edificação tendo a preocupação com conforto térmico, um conjunto destas edificações ao longo de uma via pode vir a formar um *canyon* urbano (AMORIM, 2010).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana – EPA (2008), estudos mais recentes demonstraram que, no pico diário, a diferença de temperatura em distintas regiões de uma mesma cidade pode ser superior a 12°C. E com isto, pode-se diferenciar dois tipos de ilhas de calor: a que ocorre na atmosfera e a de superfície. A ilha de calor de superfície se refere ao aquecimento relativo das superfícies urbanas, enquanto a ilha de calor atmosférica, segundo EPA (2008) ocorre de duas distintas formas:

- a) Camada Dossel Urbana (CDU): Ocorre mais próxima da superfície da cidade, se estendendo verticalmente (do solo até a influência do topo do edifício mais alto), compreendendo assim a camada de ar onde as pessoas vivem;
- b) Camada Limite Urbana (CLU): Situa-se acima do dossel, formando um domo de ar aquecido sobre a cidade, que pode ter sua forma alterada por correntes de vento.

A diferenciação entre tais tipos de ilhas é apresentada na Quadro 3.

Quadro 3: Características segundo ICS e ICA.

Características	Ilhas de calor	
	Superfície	Atmosférica
<u>Desenvolvimento</u> <u>Temporal</u>	Presente em todas as horas do dia e noite Mais intensa durante o dia e no verão	Pequena ou inexistente durante o dia, Intensifica durante noite e no inverno

<u>Intensidade</u>	Maior variação espacial e temporal: Dia: 10 a 15° C Noite: 5 a 10° C	Menor Variação: Dia: -1 a 3° C Noite: 7 a 12° C
<u>Como Identificar</u>	Método indireto de medição:  Sensoriamento Remoto	Método direto de medição: Estação Meteorológica Transectos em rede de estações moveis
<u>Representação Típica</u>	Imagem Termal	Mapa isotérmico Gráfico de temperatura

Fonte: EPA (2008).

### 3.3 DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS COMPOSTOS NAS EDIFICAÇÕES

Conforme já mencionado na Figura 4, o desempenho térmico de uma edificação é um equilíbrio de diversos fatores. Conforme menciona Costa (2011, p.21):

“Existem dois tipos de parâmetros que afetam diretamente o desempenho térmico de uma edificação: o primeiro diz a respeito ao contexto climático ao qual a edificação está submetida, tal como as condições de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e direção do vento; o segundo tipo diz a respeito as variantes de projeto que, relacionadas ao edifício, determinam a resposta térmica as condições climáticas, que são: a) localização e layout geral; b) propriedades termo físicas dos materiais construtivos; c) tipo, localização e tamanho das aberturas; d) isolamento; e) tratamento das superfícies da envoltória; f) área e constituição das partições que compõe a edificação.

Em linhas gerais, os materiais que constituem a edificação, envoltória e cobertura, são os principais fatores na troca térmica da obra com o meio. Outro fator de extrema importância são as aberturas (portas e janelas), uma vez que por elas que ocorre a ventilação e a iluminação natural, além da transferência de calor por irradiação (MARQUES, 2013).

#### 3.3.1 Normas de desempenho térmico

A fim de normatizar o desempenho térmico nas edificações, foi criada em 2005, pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil, a NBR 15.220:2005, que vem a tratar dos procedimentos para avaliação de interesse social. Esta norma é subdividida em 5 etapas, sendo:

1) As definições, símbolos e unidades:

Nesta parte são definidos os símbolos e unidades dos termos que são relacionados com o desempenho térmico das edificações, como: condutividade térmica, capacidade térmica, calor específico, entre outros;

2) Métodos e cálculos da transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes da edificação:

São estabelecidos os procedimentos necessários para realizar o cálculo de propriedades térmicas, sendo: resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar;

3) Zoneamento bioclimático brasileiro e suas diretrizes construtivas:

Esta seção estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, onde são estabelecidas 8 zonas ao longo do território nacional apresentando um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas a habitações unifamiliares de interesse social;

4) Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida:

A quarta parte da norma corresponde a descrição do método da placa quente protegida para a determinação da resistência e condutividade térmicas de materiais, sendo estes sólidos ou granulares. Além disto são apresentados os critérios e exigências mínimas em termos de instrumentação e as condições do ensaio.

5) Medição da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluviométrico:

Nesta última parte da norma descreve um método de utilização de técnicas fluximétricas para medir a resistência térmica em regime estacionário através de corpos-de-prova na forma de placas planas. O resultado da medição é a resistência

térmica individual do corpo-de-prova submetido ao ensaio, sendo possível então calcular sua condutividade térmica, caso os corpos-de-prova sejam constituídos de material homogêneo.

### 3.3.2 Propriedades térmicas dos materiais

Incropera *et al.* (2014) afirma que transferência de calor é energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço. Logo, sempre que existir uma diferença de temperatura, haverá troca de calor.

Existem diferentes modos de trocas térmicas, segundo Incropera *et al.* (2014), que são diferenciados pela forma como e meio em que ocorrem.

### 3.3.3 Propriedades térmicas dependentes

As propriedades térmicas dependentes são classificadas de acordo com os 3 principais meios de transferência de energia existentes na termodinâmica, que são denominados:

- a) Condução: em termos gerais, é “a transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas de uma substância devido às interações entre partículas” - (INCROPERA *et al.*, 2014). Em outras palavras, é a difusão de energia devido ao movimento molecular aleatório.
- b) Convecção: A transferência de calor por convecção envolve dois mecanismos: o movimento molecular aleatório (presente também na condução), e o movimento global do fluido. Essa segunda parcela surge, pois, em um instante qualquer, as moléculas movimentam-se coletivamente no fluido. Esse movimento, juntamente com o gradiente de temperatura, auxilia a transferência de calor (INCROPERA *et al.*, 2014)
- c) Radiação: “A energia emitida pela matéria que se encontra a uma temperatura diferente de zero” (INCROPERA *et al.*, 2014). Diferentemente da condução e convecção, a radiação não requer um meio material.

### 3.3.4 Propriedades térmicas independentes

Além das propriedades térmicas dependentes, tem as independentes. Dentre as existentes, algumas são apresentadas como:

- a) Absortividade: definida como a razão entre a taxa de radiação solar absorvida por uma superfície e a taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Esta propriedade térmica está diretamente relacionada com as ondas curtas geradas por meio da radiação solar, sendo esta uma fonte de altas temperaturas (ABNT, 2003).
- b) Transmissividade: Distinta das demais propriedades térmicas, a emissividade é diretamente relacionada as fontes de baixas temperaturas. Dada pela razão entre a taxa de radiação emitida por uma superfície e a taxa de radiação emitida por um corpo negro, a mesma temperatura, a emissividade, definida pela constante  $\epsilon$ , é a propriedade térmica mais analisada na construção civil.

A Tabela 1 apresenta os principais materiais presentes nesta área e sua respectiva emissividade. A taxa de emissividade não varia apenas de material para material, mas também em relação a sua coloração e polimento, como mostra a Tabela 2 (ABNT, 2003). A maioria dos materiais comumente utilizados em construções possuem sua emissividade em torno de 0,9.

Tabela 1: Emissividade de superfícies.

<b>Emissividade de superfícies</b>	
<i>Tipo de superfícies</i>	$\epsilon$
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,12
Chapa de aço galvanizado (nova e brilhante)	0,25
Concreto aparente	0,85/0,95
Telha de barro	0,85/0,96
Tijolo aparente	0,85/0,97
Reboco claro	0,85/0,98
Vidro comum de janela	0,90/0,95

Fonte: ABNT (2003).

Tabela 2: Emissividade de superfícies (cor).

Emissividade de superfícies		
	Tipo de superfícies	E
Pintura	Branca / Amarela / Verde / Preta / Vermelha	0,90
	"Alumínio"	0,50

Fonte: ABNT (2003).

### 3.3.5 Comportamento térmico dos materiais de uma edificação

No estudo das trocas de energia entre os meios interior e exterior, deve-se considerar todos os fatores que influenciam tais trocas. Um deles é a radiação solar, a qual levanta resultados distintos de acordo com o material de construção utilizado. Por isso, divide-se em duas classes: opacos e transparentes/translúcidos, cuja principal diferença é a incapacidade, ou não, de transmitir radiação solar para o ambiente interno. A transmissão de calor em fechamento opaco ocorre quando há uma diferença de temperatura entre as superfícies da parede. Todos os meios de transmissão de calor são apresentados na Figura 16 (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Figura 16: As três fases de transmissão de calor em fechamentos opacos.



Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

A superfície externa do fechamento recebe calor do meio por convecção e radiação. A temperatura dessa superfície aumenta de acordo com sua resistência superficial (INCROPERA *et al.*, 2014). Parte da radiação é refletida e parte é

absorvida, dependendo da refletividade e da absorvidade do material. O fator determinante da absorvidade do material sua cor, como apresenta a Tabela 3.

Tabela 3: Fator de absorvidade de material segundo coloração.

<b>Cor</b>	<b>Absortividade</b>
<b>Escura</b>	0,7 – 0,9
<b>Média</b>	0,5 – 0,7
<b>Clara</b>	0,2 – 0,5

Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

Como a temperatura da superfície externa aumenta, cria-se um gradiente de temperaturas, conseqüentemente, haverá troca de calor entre as superfícies interna e externa. Essa troca térmica se dá pela condução, cuja intensidade depende da condutividade térmica do material, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Condutividade térmica de materiais.

<b>Material</b>	<b>Condutividade</b> $\left(\frac{w}{m.k}\right)$
<b>Concreto</b>	1,50
<b>Tijolo</b>	0,65
<b>Madeira</b>	0,14
<b>Isopor</b>	0,03

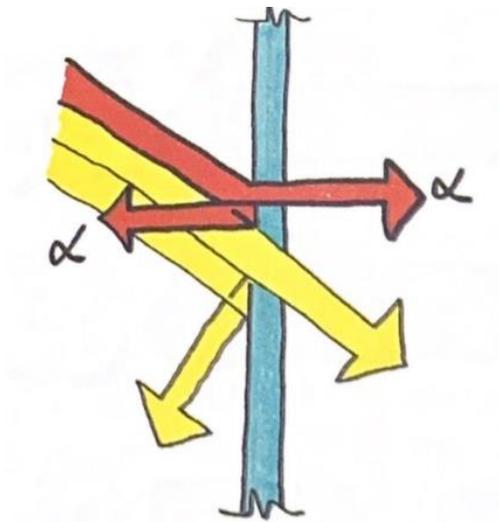
Fonte: Lamberts *et al.* (1997).

Nos fechamentos transparentes/translúcidos ocorrem as três formas de trocas térmicas citadas anteriormente: condução, convecção e radiação. As duas primeiras comportam-se de forma similar à apresentada nos fechamentos opacos. A radiação, entretanto, muda seu comportamento e torna-se a principal forma de transferência de calor, devido a parcela que é transmitida diretamente para o interior. Tal parcela é dependente da transmissividade do vidro (FROTA; SCHIFFER, 2007).

A seguir, são apresentados os principais fatores que podem afetar a transferência de calor.

- a) Orientação e o tamanho da abertura: Estes parâmetros determinam a exposição ao sol. A orientação de uma fachada pode expor aberturas idênticas as quantidades de calor distintas, e, quanto maior a abertura, maior a quantidade de calor que pode entrar ou sair do ambiente (LAMBERTS *et al.*, 1999).
- b) Tipo de vidro: A escolha do tipo de vidro depende totalmente da função que ele deve ter na sua aplicação, entre eles: admitir ou bloquear a luz natural, o calor solar ou contato visual entre o ambiente interno e externo. Os vidros têm alta transmitância, assim, são bons condutores de calor. A radiação solar que incide no fechamento transparente pode ser absorvida, refletida ou transmitida, dependendo da absorvidade  $\alpha$ , refletividade  $\rho$  e transmissividade  $\tau$ , respectivamente. A parcela de radiação que é absorvida se converte em calor no interior do vidro, e pode ser reemitida para o ambiente, como mostra a Figura 17 (FROTA; SCHIFFER, 2007).

Figura 17: Vidro x parcela absorvida.



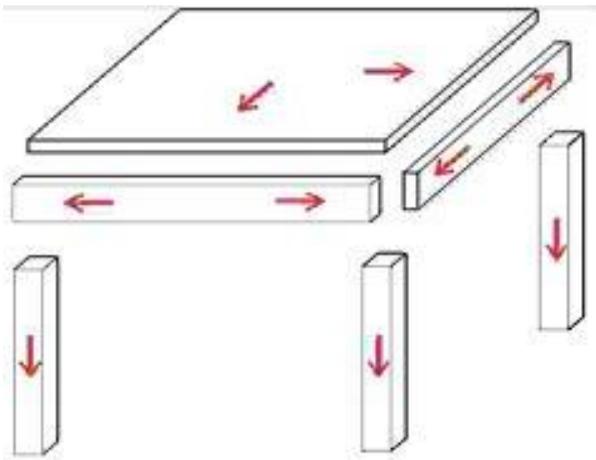
Fonte: Lamberts *et al* (1997).

O ângulo de incidência da radiação solar afeta a quantidade que será refletida pelo vidro. Quanto maior o ângulo, maior tende a ser a parcela refletida (FROTA; SCHIFFER, 2007).

### 3.3.6 Alvenaria estrutural

As estruturas reticuladas, ou também conhecida como estrutura convencional, são formadas por pilares, vigas e lajes, como apresenta a Figura 18. A carga atuante sob a laje é transferida para as vigas, que por sua vez é transferida para os pilares que por fim descarrega seus esforços sob a fundação (MOREIRA, 2013).

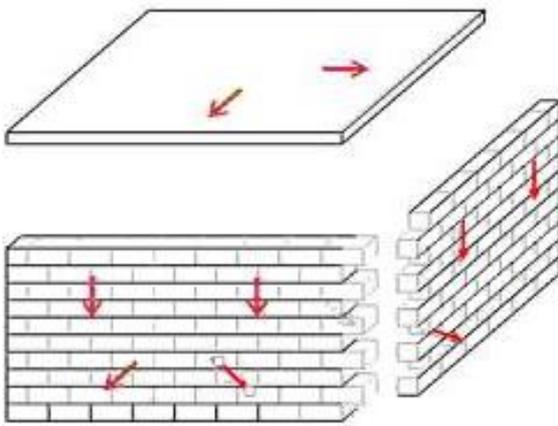
Figura 18: Distribuição de cargas em estrutura de concreto armado.



Fonte: Moreira (2013).

Sendo um processo construtivo, a alvenaria estrutural utiliza blocos vazados na construção de paredes que possuem a função estrutural, ou seja, a edificação não possui o método popularmente conhecido como “convencional” formado por pilares e vigas, mas sim apenas o fechamento em paredes que além de vedar a edificação servirá como estrutura de toda a edificação, conforme apresenta a Figura 19 (FARIA, 2017).

Figura 19: Distribuição de Cargas em Alvenaria Estrutural.



Fonte: Moreira (2013).

Desde tempos antigos já se utilizava a alvenaria estrutural. A construção mais antiga que se possui conhecimento são as pirâmides de Gizé, que foram constituídas de blocos de Pedra por volta de 2.600 a.C. No Brasil a alvenaria estrutural ganhou espaço por volta da década de 70, aonde foi construído um edifício de quatro pavimentos, na cidade de São Paulo (FIGUEIRO, 2009).

Na atualidade existe uma constante utilização deste método construtivo, que deixou de ser formado por pedras naturais e passou a ser por blocos industrializados que são projetados de modo a resistir uma determinada carga. Estes blocos são conectados por meio de uma camada de argamassa e pode ser classificado de acordo com a NBR 15961:2011-1 de quatro distintas formas conforme cita Viana (p.51, 2013):

- a) armada – por necessidade estrutural, os elementos resistentes possuem uma armadura passiva de aço que será disposta na cavidade dos blocos e serão preenchidas com graute (microconcreto);
- b) não armada – as armaduras só existem nos elementos estruturais com finalidades construtivas para prevenção de problemas patológicos (fissuras, concentração de tensões etc.);
- c) parcialmente armada – alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados;
- d) protendida – o elemento resistente contém uma armadura ativa de aço.

A alvenaria estrutural então é constituída de blocos, argamassa, graute e armadura se necessária. O bloco é o elemento principal, uma vez que ele que irá resistir a estrutura da edificação e são constituídos principalmente de cerâmica ou concreto. (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

### 3.3.7 Vantagens da alvenaria estrutural

Quando alterado o método construtivo de alvenaria de concreto armado por alvenaria estrutural, existem inúmeras vantagens referente a este uso. Uma das principais vantagens deste método construtivo é a economia, uma vez o concreto armado vem a aumentar o custo de uma obra. Segundo Pinheiro (2018), “esse fato se deu em consequência do aprimoramento das atividades na obra por meio de técnicas executivas simplificadas e o fácil controle das etapas de produção”.

A alvenaria estrutural pode gerar uma economia de até 30% quando comparado a edificação com pilotis. O que ocorre em certas obras é que o projeto executivo de alvenaria não é compatibilizado com os outros projetos, acarretando muitas alterações no decorrer da obra, além da quebra de blocos para novas adaptações, gerando insegurança para os usuários (ARÁUJO, 1995).

Além do impacto em custo, outro grande fator e que muitas construtoras buscam hoje em dia são métodos construtivos que gerem menos resíduos, ou seja, uma obra limpa, sem quebras e baixíssima geração de resíduos.

A edificação de concreto armado por sua vez possui um alto gasto de madeira para composição das formas e escoramento das peças estruturais além da grande quantidade de aço utilizada. A escolha da alvenaria estrutural traz otimização da mão de obra: a redução de formas implica na redução da mão de obra de profissionais carpinteiros. Além disso, os armadores também não se fazem necessários considerando que a maioria das barras de aço são retas e colocadas pelo próprio pedreiro (MOHAMAD, 2015).

Segundo Campos (1993) cita uma lista de vantagens que resultam no encurtamento do prazo da obra sendo:

- “a) Devido à regularidade dos blocos, a espessura de revestimento é bem fina, necessitando apenas de duas camadas, o chapisco e o reboco, resultando também numa economia financeira;
- b) Ao mesmo tempo que a alvenaria sobe, as instalações vão sendo executadas, ou seja, estrutura e instalações trabalham simultaneamente;
- c) A coordenação modular proporciona uma padronização, facilitando a mão de obra e fazendo com que ela assimile a tarefa numa velocidade maior, aumentando a produtividade”.

Roman *et al.* (1999) ainda ressalva que outro ponto de grande economia é referente ao uso de madeiras para formas, redução no uso de concreto e ferragem, menores espessuras de revestimentos, maior rapidez na execução

Porém, ao mesmo tempo em que se apresenta vantagens, a alvenaria estrutural quando comparada a de concreto armado apresenta desvantagens como ao se tratar de reformas, uma vez que não podem ocorrer retirada de paredes para se alterar a arquitetura da edificação.

Outro fator é que se o projeto for pouco ou mal detalhado, irá gerar problemas futuros na obra, pois decisões terão que ser tomadas no canteiro de obra, aumentando as improvisações e o custo da obra.

### 3.3.8 Materiais utilizados para fechamento

Conforme mencionado, ao utilizar a alvenaria estrutural utilizam-se dois tipos de blocos: o cerâmico e de concreto, como apresenta a Figura 20.

No caso da utilização de blocos cerâmicos, possuem vantagens como: melhor desempenho térmico facilidade na execução; maior flexibilidade de layout; sua mão de obra ser mais acessível por não exigir técnicas específicas. Porém como grandes desvantagens: menos aderente a argamassa, exigindo mais revestimento; menor resistência mecânica, quebrando com facilidade e necessitando de mais cuidados no transporte e manuseio (MALLMANN, 2017).

Figura 20: Modelo de bloco cerâmico (à esquerda) e bloco de concreto (à direita).



Fonte: Mohamad (2015).

Já na utilização de blocos concretos na alvenaria estrutural, suas vantagens são: por ser um material pesado, quando comparada a cerâmica, resulta em uma edificação com melhor desempenho acústico; por possuir uma melhor regularidade geométrica, gasta menos com revestimento; Melhor aderência; Maior resistência mecânica; menor perda de material, quando comparado a cerâmica. Outra vantagem se encontra por ser um material com maior densidade, torna a estrutura mais pesada, o que em diminui em gastos com fundações.

Como desvantagens pode se citar: por ser de concreto, exige mais absorção de água o que faz com que se movimente mais, exigindo um cuidado maior nas juntas de dilatação; Manuseio e Transporte, por ser material mais pesado e ter peças maiores possui seu transporte em obra acaba sendo mais difícil (MALLMANN, 2017).

### 3.4 CONTRIBUIÇÕES ENERGICAS PARCIAIS

Frota e Schiffer (2007) discorrem que durante a realização de um projeto, deve-se levar em consideração a carga térmica que será gerada dentro do ambiente. As fontes podem ser por meio de: presença humana; sistema de iluminação; motores e equipamentos; processos industriais.

Além das envoltórias da edificação, outros grupos são responsáveis por fornecer calor a uma edificação, que são os casos do sistema de iluminação e climatização artificiais.

#### 3.4.1 Sistema de iluminação artificial

A luz natural, segundo Lamberts *et al.* (1999), sempre teve importante papel na iluminação de ambientes, porém, com a invenção da lâmpada e a constante evolução da sociedade e da tecnologia, a iluminação artificial se tornou indispensável. Ela permite a construção de edifícios em locais sem luz natural, e permite a utilização de qualquer edificação durante a noite.

A fim de usufruir dos benefícios da luz artificial, deve-se garantir um bom projeto de iluminação, o qual deve ter grande eficiência energética.

Existem diversos tipos de lâmpadas para diversas aplicações. Utilizavam-se, até pouco tempo atrás, as lâmpadas de irradiação por efeito térmico (incandescentes) e por descarga de gás (fluorescentes). Desde o *boom* comercial do Diodo Emissor de Luz - LED, os outros dois tipos entraram em segundo plano, por conta da grande diferença de eficiência (LAMBERTS *et al.*, 1997) (NOVICKI; MARTINEZ, 2008).

O LED (diodo emissor de luz) é um semicondutor que, quando polarizado, causa uma recombinação de elétrons. Tal recombinação exige liberação de energia, a qual se dá na forma de calor e luz. O maior diferencial de eficiência entre as lâmpadas comuns e o LED é que este não tem filamento, que transforma a maior parte da energia elétrica em energia térmica, conseqüentemente, causando desperdícios. Assim, no LED, uma parte maior da energia elétrica fornecida é transformada em luz (NOVICKI; MARTINEZ, 2008)

#### 3.4.2 Sistemas de climatização artificial

Semelhante à iluminação artificial, a climatização artificial é um fator que deve ser levado em consideração no projeto de um edifício, e deve funcionar juntamente à climatização natural. Em função do clima local e da função que o edifício desempenha, é indispensável o uso de ventilação mecânica, aquecedores ou aparelhos resfriamento (LAMBERTS *et al.*, 1999).

O ar condicionado, aparelho mais empregado para climatização, controla simultaneamente a temperatura, umidade e distribuição do ar. Assim, o ar atende às necessidades térmicas do ambiente independente das condições externas. Apesar do consumo de energia considerável, o ar condicionado é indispensável em certas edificações, como hospitais, salas de computador e ambientes comerciais (LAMBERTS *et al.*, 1999). Alguns desses aparelhos são:

- a) Ar condicionado de janela: É o aparelho mais simples, pois contém o condensador e evaporador no mesmo local. O ar externo é puxado, onde é condicionado e entregue ao ambiente interior. Como o rendimento do aparelho

está relacionado as trocas térmicas, alguns fatores afetam essa eficiência, como exposição à radiação solar e a forma que é encapsulado.

- b) Minicentraís: Esse aparelho pode ser aplicado em locais sem paredes voltadas ao exterior, pois o condensador e evaporador podem estar distantes um do outro. A condensadora é alocada em um local ventilado e sem exposição ao Sol. As principais vantagens das minicentraís são o baixo ruído e a possibilidade de refrigerar locais sem paredes externas.
- c) Multisplit: O multisplit é um equipamento de menor porte com capacidade de refrigeração bem maior quando comparado às minicentraís. Em espaços maiores pode-se combinar estrategicamente várias unidades, a fim de reduzir o custo de instalação de dutos. A principal vantagem do multisplit é a climatização de vários ambientes, simultaneamente.

### 3.5 O SURGIMENTO DA HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL

Segundo Marroquim (2007), toda habitação é um espaço para moradia onde são exercidas diversas atividades humanas, exigindo movimentação e esforço, que são chamadas de atividades domésticas, além de atividades de repouso.

Habitação social, habitação de interesse social e moradia para população de baixa renda são sinônimos de habitação popular. Seu conceito não pode ser compreendido somente no âmbito residencial. Ela deve englobar todo o processo, que possui uma dimensão física e o processo de produção complexa que engloba termos ecológicos, econômicos, jurídicos, políticos, sociais e tecnológicos (ABIKO, 1995).

Compreendendo um pouco do contexto da habitação social no Brasil, após o golpe de 1964, devido a uma forte crise de moradia que o país estava enfrentando, o governo militar criou o Banco Nacional de Habitação (BNH). Havia um acelerado crescimento urbano e, conseqüentemente, uma falta de moradia ainda maior. Assim como países emergentes na época, o Brasil também sofreu com o déficit habitacional, uma vez que a população abandonava o campo e explorava a área urbana - o famoso êxodo rural (BONDUKI, 2008).

No período de 1940 - 60 a população brasileira passou de 41 milhões para 70 milhões de habitantes, com taxa de urbanização aumentando de 31 % para 45 %. A este incremento populacional correspondeu um aumento do número de assentamentos irregulares nas cidades e uma extensão irracional da malha urbana que consolidou as periferias como local de moradia da população de menor renda (OSÓRIO, 2004, p. 3).

No período de 1964 a 1986, o Banco Nacional de Habitação foi a principal instituição federal de fomento para realização do crédito imobiliário no país. Ao contrário das ideias de muitos países, onde desejava-se ter residências que visassem os fatores de bem-estar físico e psicológico dos seres humanos, no Brasil elas eram apenas motivo de interesse político.

“A famosa frase – ‘a casa própria faz do trabalhador um conservador que defende o direito de propriedade’ – atribuída a Sandra Cavalcanti, primeira presidente do BNH, expressa a preocupação de fazer da política habitacional baseada na casa própria um instrumento de combate às ideias comunistas e progressistas no país, em tempos de guerra fria e de intensa polarização política e ideológica em todo o continente. No entanto, foi o papel econômico desta política habitacional – que dinamizou a economia, através da geração de empregos e fortalecimento do setor da construção civil –, que a transformou num dos elementos centrais da estratégia dos governos militares (BONDUKI, 2008, p.72).

Segundo Cardoso (1999), são três os requisitos para caracterizar uma habitação de interesse social, sendo eles:

- a) Financiada por poder público, mas não necessariamente produzida pelos governos, podendo a sua produção ser assumida por empresas, associações e outras formas instituídas de atendimento à moradia;
- b) Ser para um público de baixa renda salarial, principalmente para aqueles que possuem sua renda inferior a 3 salários mínimos;
- c) Além do público de baixa renda, outro grupo de principal utilização são os de situação de risco, preservação ambiental.

O banco foi extinguido em 1986 devido a inúmeras denúncias de destinação do dinheiro. Mesmo não tendo um ideal ético, mas político, o BNH financiou e construiu mais de 4,3 milhões de residências no Brasil.

Mesmo sendo um alto número, não supriu a necessidade de crescimento urbano no Brasil, que compreendeu um crescimento populacional de 11 a 125 milhões de pessoas em apenas 50 anos, da década de 50 até final do século XX. Com o fechamento do BNH, a CEF foi a responsável por assumir o novo crédito imobiliário no país.

Em 2009, o governo do Partido Trabalhista (PT), em conversas com grupos de defesa de direito à moradia (União Nacional por Moradia Popular, Central de Movimentos Populares, Movimento Nacional de Luta pela Moradia e Confederação Nacional das Associações de Moradores) criou o Programa Nacional de Habitação Minha Casa, Minha Vida. O programa possui duas linhas principais, O Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR, e o Programa Nacional de Habitação Urbano – PNHU (MARICATO, 2006).

### 3.5.1 Programa minha casa minha vida

O Minha Casa Minha Vida é uma iniciativa do Governo Federal que tem o intuito de oferecer moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda. O programa atinge milhares de famílias brasileiras, e funciona em parceria com estados, empresas e entidades sem fins lucrativos (ACOSTA, 2015).

De acordo com Acosta (2015), há quatro faixas de renda que são contempladas pelo Minha Casa. Minha Vida, sendo elas divididas em faixas de renda:

- a) Renda até R\$1.800,00;
- b) Renda até R\$2.600,00;
- c) Renda até R\$4.000,00;
- d) Renda até R\$7.000,00.

Existem certas condições que devem ser atingidas para uma família se encaixar na primeira faixa de renda, além, obviamente, da renda familiar bruta. O contratante não pode ser proprietário, cessionário ou promitente comprador de imóvel residencial, e não pode ter recebido benefícios de natureza habitacional vindo de

recursos do município, do Estado, da União, do FAR, do FDS, ou de descontos com recursos do FGTS (MARTINS, 2016).

A contratação do serviço para famílias com renda abaixo de R\$1.800,00 é feita a partir de uma inscrição na prefeitura da cidade ou em uma entidade organizadora. Para famílias com renda até R\$7.000,00, pode-se contratar de forma individual, em agências CEF. As famílias selecionadas pela prefeitura e validadas pela Caixa são comunicadas, e determinam uma data de assinatura do contrato de compra e venda. Por fim, realiza-se a assinatura do contrato de financiamento.

O Minha Casa Minha Vida conta com parceiros de três principais vertentes: poder público, que envolve parcerias com um estado ou município; entidades sem fins lucrativos, que contribuem assumindo funções de ordem e apoio às famílias durante o processo; e empresas de construção civil, que contribuem com os materiais e mão-de-obra para os projetos das casas (MARTINS, 2016).

### 3.5.2 Especificação do empreendimento

As casas construídas para o Minha Casa, Minha Vida seguem características, especificações e custos pré-definidos. A seguir está apresentadas as especificações para a edificação, segundo a tipologia, estando em conformidade com a cartilha do programa Minha Casa Minha Vida, elaborada pela Caixa Econômica Federal (CEF, 2009).

#### a) Especificação da tipologia 1:

O primeiro tipo corresponde a uma casa térrea, com 35 m<sup>2</sup>, composta de sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios e área externa com tanque. O piso é cerâmico na cozinha e no banheiro, sendo cimentado no restante da casa. O revestimento das alvenarias é com azulejo 1,50 m nas paredes hidráulicas e no box. No restante, é reboco interno e externo com pintura PVA. O forro é uma laje de concreto, ou um forro de madeira ou PVC, e a cobertura é feita em telha cerâmica.

#### b) Especificações da tipologia 2:

O segundo tipo corresponde a um apartamento com 42 m<sup>2</sup>, composto de sala, cozinha, serviço, banheiro e 2 dormitórios. O piso é cerâmico na cozinha e banheiro,

sendo cimentado no restante da casa. O revestimento das alvenarias é com azulejo 1,50m nas paredes hidráulicas e no box. No restante, é reboco interno e externo com pintura PVA. O forro é uma laje de concreto, e a cobertura de telha fibrocimento.

➤ Especificações da tipologia 3:

Empreendimento com valor de avaliação compatível com a faixa de renda de 3 até 10 salários mínimos não têm especificação padrão. Apenas uma listagem de itens necessários para aprovação, que constam no ANEXO A.

### 3.5.3 Impactos dos investimentos realizados

A partir de uma abordagem do tipo insumo-produto, baseadas nas Contas Nacionais, a Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2016) estimou os efeitos dos investimentos realizados durante todas as fases do programa, desde seu início em 2009 até 2015. Os efeitos de cada fase se classificam em diretos, ou seja, sentidos de forma imediata pelas empresas envolvidas, e indiretos, decorrentes dos gastos nos demais setores, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Impactos diretos das obras.

<b>Impacto</b>	<b>Direto</b>	<b>Indireto</b>
<b>Valor da Contratação (R\$)</b>	287.841.756.693,00	289.738.222.090,00
<b>Valor Agregado (R\$)</b>	143.800.489.308,00	120.150.989.014,00
<b>Emprego (Pessoas)</b>	2.503.334,00	2.552.175,00
<b>Tributos (R\$)</b>	31.465.948.719,00	34.608.841.519,00

Fonte: FGV (2016).

De acordo com Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2016) pode-se ver que foram gerados mais de 2,5 milhões de empregos com o programa. Assim, o potencial de geração de empregos com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida, no período de 6 anos, teve um impacto direto para a economia nacional, uma vez que não gerou apenas emprego, mas também movimento o caixa de Tributos nacional.

### 3.6 SOFTWARES APLICADOS EM CONFORTO TÉRMICO

Com o avanço da tecnologia, a utilização de *softwares* como ferramenta de trabalho para engenheiros e arquitetos se tornou cada vez mais presentes. Quando analisasse uma edificação termicamente, são inúmeros cálculos e variáveis que devem ser verificadas a fim de tornar a edificação com um melhor conforto térmico, proporcionando assim um conforto a seus usuários.

São poucos *softwares* presentes atualmente no mercado brasileiro, visto que *softwares* estrangeiros remetem a um outro bioclima e variáveis que não interferem no clima brasileiro. Atualmente são aplicados *softwares* para cálculo de eficiência energética de uma edificação.

Para conforto térmico foram desenvolvidos por Universidades, como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), a fim de aprimorar projetos de pesquisa, estes *softwares* se tornam de fácil acesso uma vez que grande parte deles são gratuitos. Alguns softwares disponíveis no mercado são: *Energyplus*, *Domus*, *Radiasol*, *Dimensol*, *Dialuz*, entre outros.

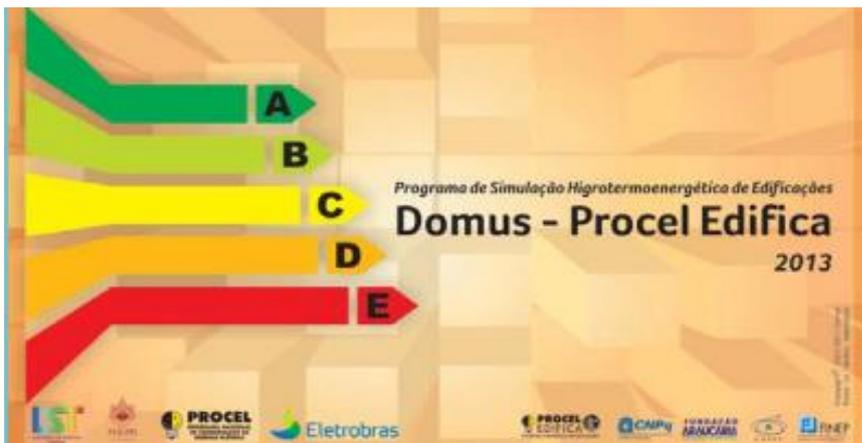
#### 3.6.1 Domus Procel Edifica

O Domus Procel Edifica é um *software* voltado para simulação higrotérmica e energética de edificações. O *software* foi desenvolvido pelo laboratório de Sistemas Térmicos da PUC-PR, em parceria com a Procel/Eletróbrás. A ferramenta foi criada principalmente para que os profissionais de engenharia e de arquitetura possam vir a analisar de distintos parâmetros existentes em uma edificação, entre eles:

- a) Conforto térmico segundo vários parâmetros analíticos;
- b) Consumo e demanda de energia elétrica;
- c) Dimensionamento de redes e sistemas de climatização;
- d) Influência Climática.

Para os profissionais da área da construção civil, a trabalhabilidade do programa é de fácil acesso, uma vez que este possui uma interface CAD própria aliada com parâmetros e variáveis climáticas. O *Software* Domus, demonstrado interface gráfica na Figura 21.

Figura 21: Interface gráfica do Software Domus - Procel Edifica.



Fonte: *Software* Domus (2016).

Com sua entrada de dados gerados, o programa possibilita o usuário a obter distintos parâmetros de dados de saída, tais eles como: conforto térmico, energia, mofo, sistema fotovoltaico, paredes (perfis de temperatura), sistemas de climatização. Atualmente é um dos mais utilizados no Brasil, para simulação de conforto térmico e eficiência energética, uma vez que ele é um *software* certificado com o selo Procel.

#### 4. METODOLOGIA DE PESQUISA

A seqüência de atividades a serem desenvolvidas neste trabalho segue o fluxo metodológico apresentado na Figura 22.

Figura 22: Fluxo metodológico do trabalho de pesquisa.

a) Determinação do tipo de fechamento de uma residência, a ser utilizada como objeto de estudo, já entregue do programa casa popular na cidade de Joinville/SC;

- Região de Estudo;
- Loteamento Cubatão II;
- Escolha da residência;
- Custo do empreendimento entregue;
- Tipo de fechamento real utilizado;
- Alvenaria estrutural em bloco cerâmico;

a) Verificação das normas e legislações que englobam o cenário de conforto térmico em residências populares de programas federais, estaduais e municipais e indicar o tipo de fechamento ideal;

- NBR 15.220:2005;
- Zona bioclimática;
- Tipos e escolha do fechamento ideal;
- Alvenaria estrutural em blocos de concreto;

a) Simulação via *software* Domus da demanda energética anual da residência atual do programa e comparar com o fechamento ideal;

- DOMUS;
- Dados da edificação real;
- Base de dados climáticos e parâmetros para simulação;
- Simulação computacional real e ideal;
- Fontes de ganhos de energia de ambos os casos;
- Demanda energética anual, em kWh e custo em R\$;

a) Orçamentação de ambos os modelos simulados e análise do período de retorno entre os fechamentos;

- CYPE;
- Orçamento alvenaria estrutural real e ideal;
- Comparativo entre orçamentos;
- Análise do período de retorno do investimento ideal;

a) Avaliação do conjunto das propostas e o potencial de melhoria na performance global do loteamento estudado.

- Quantidade de residências no loteamento;
- Demanda de energia total do loteamento;
- Economia gerada em larga escala;
- Número de novas residências podendo operar com a economia gerada.

Fonte: o autor (2019).

Conforme já visto, existem inúmeros parâmetros a serem avaliados a fim de se determinar o conforto térmico de uma edificação. Conforme também já apresentado, as edificações construídas para programas habitacionais não seguem uma regra que

visar conforto térmico, apenas metas que visam a construção de moradias de baixo custo.

Desta forma, a presente pesquisa tem como objeto de estudo uma residência pertencente ao conjunto habitacional do programa “Minha casa, minha vida”, localizado na cidade de Joinville, no norte do estado de Santa Catarina. Com isto, apontar as melhorias que podem ser previstas em projeto, de modo a se obter um melhor conforto térmico e conseqüente diminuição na demanda de energia elétrica.

Por fim, apresentar-se-á um loteamento em que a prefeitura de Joinville tem a intenção de construir edificações do programa Minha casa, minha vida, e serão apontadas as melhores alterações *in situ* para se obter o máximo conforto térmico.

Diante disto, para alcançar o objetivo do trabalho foi analisado a edificação por meio de um modelo tridimensional, via simulação computacional, estudando e analisando os parâmetros que influenciam as oscilações das temperaturas internas do cômodo, sugerindo melhorias em conforto térmico conforme normas e regulamentações vigentes, alterando o sistema de fechamento, analisando o período de retorno do investimento e avaliação global do loteamento.

#### 4.1 REGIÃO DE ESTUDO

Inicialmente, para que se pudesse realizar uma análise de eficiência energética de uma habitação popular visando o conforto térmico, foi necessário realizar uma abordagem climática. Para tal, foi necessário restringir a região de estudo para que se possa obter as variáveis climáticas.

Com isto, delimitou-se a região de estudo em Joinville, como apresenta a Figura 23. Joinville é o terceiro maior pólo industrial do Sul do Brasil, com forte atuação das indústrias de metal-mecânica, têxtil, química, plásticos e de desenvolvimento de *software*, todas estas contribuindo para a formação da climatologia local (NUNES e MORAES, 2018).

Figura 23: Mapa do estado de Santa Catarina, localização de Joinville.



Fonte: Infoescola (2019).

Com a delimitação da cidade, foi realizado um levantamento junto a Secretária da Habitação de Joinville – SEHAB, para se verificar os conjuntos habitacionais que já foram realizados a entrega para as famílias e os que se encontram ainda em fase de projeto. As últimas entregas do programa, que contemplou o maior número de famílias, foram as ocorridas no ano de 2013. Com isto, tem-se que 1.240 apartamentos do programa Minha Casa Minha Vida, financiado pela CEF, foram entregues em prédios construídos nos bairros Jardim Paraíso e Jardim Iririu. Além de 57 residências no loteamento Cubatão II.

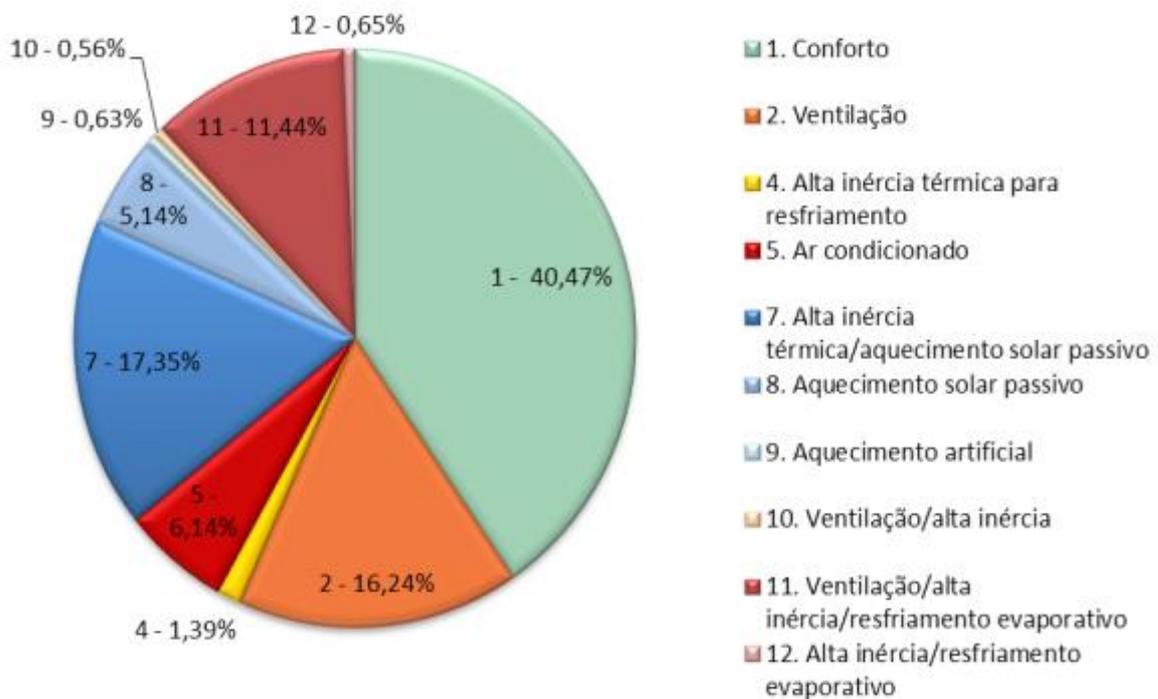
Diante a isto, restringiu-se para este projeto analisar as residências, e não apartamentos. Logo fora selecionada a entrega de 57 residências no loteamento Cubatão II, localizado no Bairro Cubatão, na zona Norte da cidade. A entrega contemplou 38 geminados e 19 residências individuais, com 42,14 m<sup>2</sup> e 31,80 m<sup>2</sup>, respectivamente.

Em conformidade ao Edital de chamada pública nº001/2014 da Prefeitura Municipal de Joinville – PMJ (2014) e ao Decreto nº 19.778, de 12 de novembro de 2012 DA PMJ, a SEHAB visa a entrega de 136 novas residências sendo construídas ao lado do loteamento Cubatão II, cuja qual também será pelo programa Minha Casa

Minha Vida. Estas 136 novas residências não possuem data para entrega devido à redução de incentivo do governo federal para os programas de habitação social.

De acordo com o abordado na pesquisa realizada por Grünberg e Tavares (2013), onde foi gerada a carta bioclimática de Joinville, baseada em uma série histórica de 10 anos (de 2001 a 2011), as estratégias bioclimática da cidade são apresentadas na Figura 24.

Figura 24: Estratégias bioclimáticas para a cidade de Joinville/SC.



Fonte: Grünberg e Tavares (2013).

Mesmo sendo uma análise com um certo período, do ano de 2011, pode ser utilizada como base uma vez que quando se trata de dados climáticos são necessárias séries históricas, porém a estação e época são praticamente as mesmas durante os anos, havendo poucas mudanças em dados climáticos específicos (temperatura e umidade).

Como apresenta a Figura 24, grande parte do ano o ambiente externo já proporciona conforto térmico e apenas em pouco mais de 6% do ano é necessário o uso de sistema de condicionadores de ar e em pouco menos de 1% de todos os dias que compõem um ano, o uso do recurso de aquecimento artificial em uma edificação.

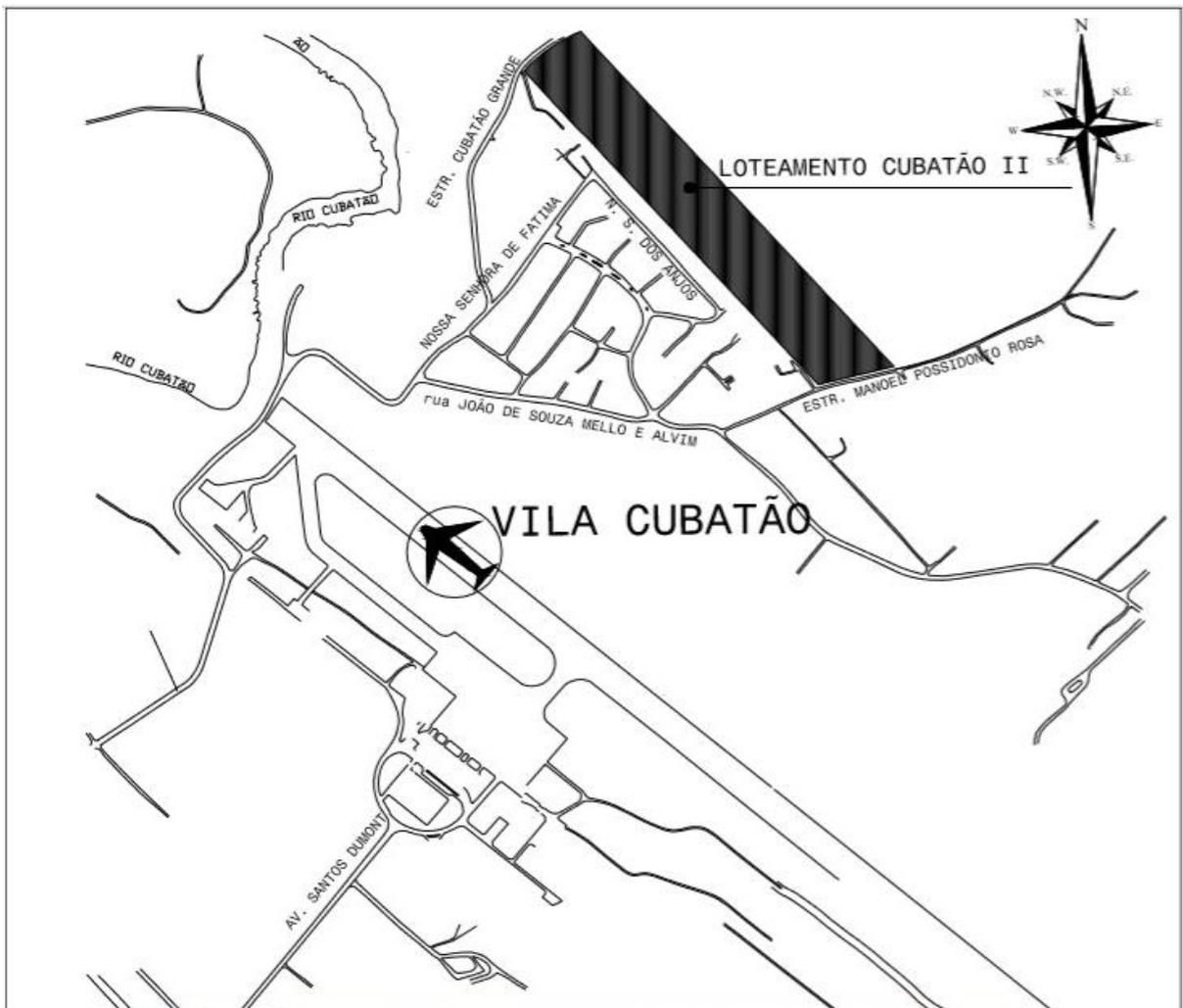
Segundo Grünberg e Tavares (2013), “em 16,24% do ano o uso da ventilação natural seria suficiente para manter o conforto térmico - novembro a maio - e, em

apenas 6,14% do ano seria necessário o uso de ar condicionado, sendo relevantes os períodos do 1º trimestre”.

#### 4.2 LOTEAMENTO CUBATÃO II

O loteamento utilizado para o presente projeto de estudo foi o Loteamento Cubatão II, localizado na área em proximidade aos fundos do Aeroporto Lauro Carneiro de Loyola, Aeroporto de Joinville, conforme apresenta a Figura 25.

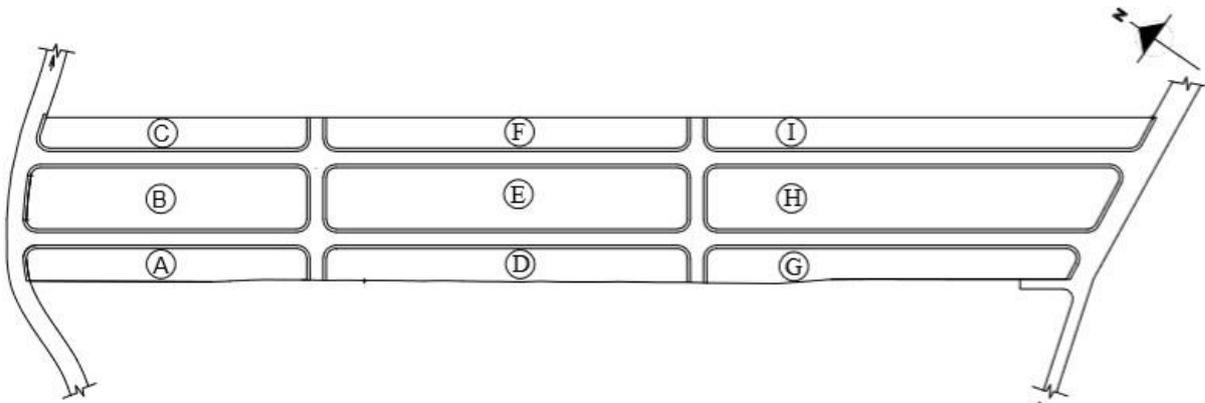
Figura 25: Mapa da região da Vila Cubatão



Fonte: Google Imagens (2019).

As futuras 136 novas moradias propostas pelo governo já tiveram seus loteamentos delimitados pela prefeitura, conforme mostra a planta de loteamento, designada e aprovada no final de 2014, como mostra a Figura 26. A Figura 27 é uma imagem aérea da região, onde já apresenta algumas das 57 moradias já entregues pelo programa, porém, até o presente momento a área para a construção não foi nem sequer estruturada para início de obras.

Figura 26: Quadras do Loteamento Cubatão II.



Fonte: Prefeitura de Joinville (2019).

Figura 27: Loteamento Cubatão II.



Fonte: Google Imagens (2019).

A Figura 28 apresenta os dois tipos de edificações já entregues pelo programa Minha Casa Minha Vida pelo projeto “Cubatão II”, na esquerda a edificação de geminados e na direita a residência. Ambas as áreas dos terrenos são iguais, porém a residência possui área superior ao geminados e atende uma família enquanto no outro tem-se duas moradias de menor área construída.

Figura 28: Dois tipos de residências do loteamento Cubatão II.



Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.1 Custo do empreendimento

Em conformidade com o apresentado na lei Nº 7566, de 20 de novembro de 2013, do ANEXO B, cada um dos 108 lotes aprovados nesta data, tiveram um valor médio de R\$ 19.382,47 totalizando um acumulado de R\$ 2.093.306,51.

Já as edificações, tiveram R\$ 34.138,31 para as residências e R\$ 45.290,91 para a construção do lote com os geminados. Ao levar em consideração a área das edificações, tem-se que ambas as residências possuíram um custo de aproximadamente R\$1.073,52 por m<sup>2</sup> construído. Considerando o ano de decreto da Lei, 2013, para o ano referenciado tem se que o Custo Unitário Básico da construção Civil- CUB (unidade padrão de medida para obras deste porte), conforme apresenta Figura 29, foi superior ao custo estimado pela Prefeitura de Joinville.

Figura 29: CUB de SC para 2013.

Residencial					
Projetos Padrão	Tipo	Pavimentos	Padrão de Acabamento		
			Baixo	Normal	Alto
Residencial (R)	Unifamiliar	1	1.177,24	1.398,31	1.683,78
Prédio popular (PP)	Multifamiliar	4	1.106,31	1.320,89	
Projeto Interesse Social (PIS)	Multifamiliar	4	840,59		
Residencial (R)	Multifamiliar	8	1.054,83	1.169,70	1.370,25
Residencial (R)	Multifamiliar	16		1.131,40	1.475,69

Fonte: Siduscon Florianópolis, 2013.

Para este caso deve ser utilizado o dado de Residencial Unifamiliar do CUB, uma vez que as residências do Loteamento Cubatão II não podem ser classificadas como Projeto Interesse Social (PIS) por possuírem apenas um pavimento.

#### 4.3 DEFINIÇÃO DA ZONA BIOCLIMÁTICA E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE CALOR INICIAL

Inicialmente se fez necessário a compreensão inicial dos requisitos considerados pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações em Residências - RTQ-R. Para isto deverá saber o local onde a obra estará inserida em sua devida zona climática, pois a envoltória da edificação foi analisada de acordo com a zona bioclimática da construção em estudo na qual foi simulada.

Conforme apresenta no artigo 6.3 da NBR-15.220/2005 Parte 3 (2005), para a zona bioclimática da cidade de Joinville/SC, são apresentados os tipos de aberturas para ventilação e sombreamento mais indicado, como mostra a Quadro 4; os tipos de vedações externas adequadas, como demonstrado na Quadro 5; e por fim estratégias de mitigação e de condicionamento térmico passivo, conforme detalhamento no Quadro 6.

Quadro 4: Sombreamento indicado para zona bioclimático 3.

<b>Aberturas para Ventilação:</b>	<b>Médias</b>
<b>Sombreamento das aberturas:</b>	Permitir sol durante o inverno

Fonte: NBR 15220 (2005).

Quadro 5: Vedações Externas adequadas para a zona bioclimática 3.

<b>Vedações externas</b>	
<b>Parede:</b>	Leve refletora
<b>Cobertura:</b>	Leve isolada

Fonte: NBR 15220 (2005).

Quadro 6: Estratégias de mitigação para zona bioclimática 3

<b>Estação</b>	<b>Estratégias de condicionamento térmico passivo</b>
<b>Verão:</b>	Ventilação Cruzada (J)
<b>Inverno:</b>	Aquecimento solar da edificação (B) Vedações internas pesadas - Inércia térmica (C)
<b>Nota:</b> Os códigos J, B e C são os mesmos utilizados na metodologia da Figura 33	

Fonte: NBR 15220 (2005).

Como apresenta o Quadro 6, os códigos B, C e J encontram-se no Quadro 7.

Quadro 7: Estratégias de contorno para a zona bioclimática 3.

<b>Estratégia</b>	<b>Detalhamento</b>
<b>B</b>	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes pelo aproveitamento da radiação solar
<b>C</b>	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
<b>I-J</b>	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Fonte: NBR 15.220 (2005).

#### 4.3.1 Envoltórias

Quando se trata da envoltória de uma edificação, trata-se da pele da edificação, ou seja, do conjunto de elementos construtivos que estão em contato com o meio externo, que são os fechamentos.

Todo piso e parede que estiver em contato com o solo não são considerados envoltória, mas sim apenas aqueles que estiver acima do nível do solo. Para uma melhor obtenção do nível de eficiência tem-se que quanto mais elevado o nível pretendido, mais requisitos a serem atendidos. De modo geral, a Quadro 8 apresenta a rigorosidade de tais níveis, sendo que quanto maior o nível de eficiência maior será o grau de rigorosidade e critérios a serem estudados para a edificação.

Quadro 8: Grau de rigorosidade segundo níveis de eficiência.

Nível de Eficiências	Transmitância térmica da cobertura e das paredes externas	Cores e absorvância de superfícies	Iluminação Zenital
<b>A</b>	X	X	X
<b>B</b>	X	X	
<b>C e D</b>	X		

Fonte: NBR 15.220 (2005).

a) Nível A

A Zona Bioclimática 3, é considerada uma região com clima mais ameno onde se tem verão e inverno bem marcados. Desta forma, em conformidade com o Manual de Diretrizes para obtenção de classificação Nível A para Edificações Residências, as melhores estratégias com relação a transmitância térmica, apresentados na Tabela 6.

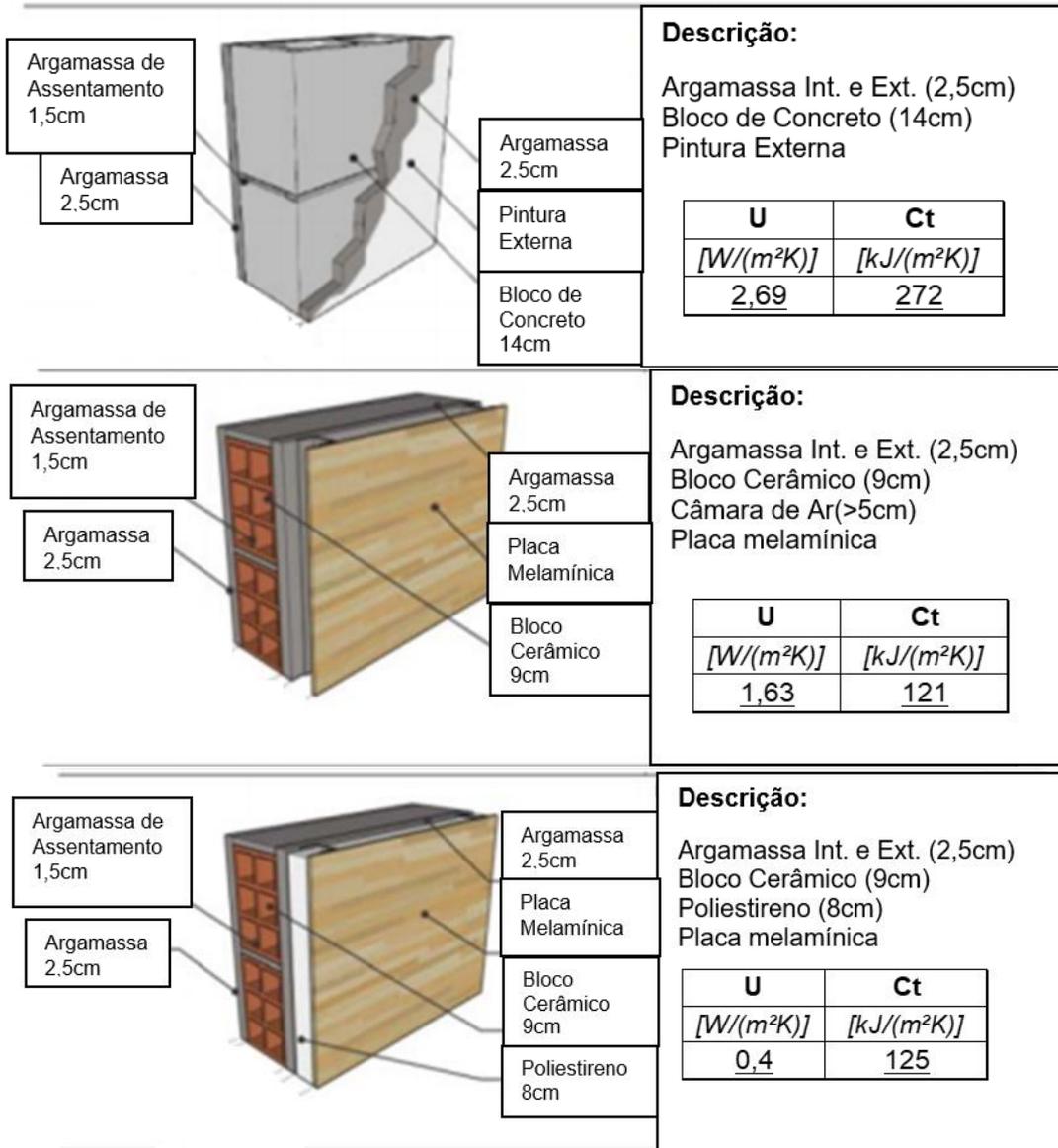
Tabela 6: Valores de Transmitância padrão para zona bioclimática 3.

Transmitância Térmica [W/(m <sup>2</sup> K)]	Paredes Externas	Cobertura	
		Ambientes condicionados artificialmente	Ambientes não condicionados artificialmente
Obs.: A transmitância térmica máxima não deve ultrapassar 3,7 W/m <sup>2</sup> K	U ≤ 3,70	U ≤ 1,00	U ≤ 2,00

Fonte: NBR 15.220 (2005).

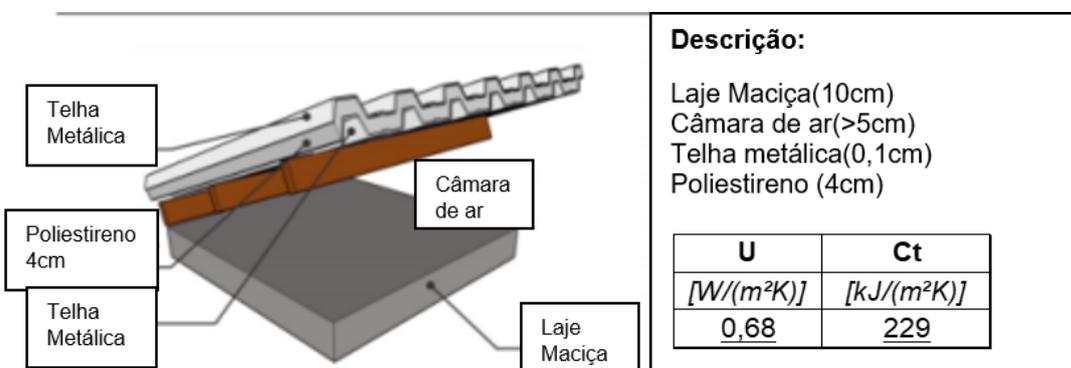
Tendo os valores ideais de Transmitância térmica é possível determinar mediante a NBR 15.220:2005 que os tipos de envoltória apresentados na Figura 30 e os tipos de cobertura apontados na Figura 31 são os mais indicados para Joinville/SC.

Figura 30: Fechamentos indicados para zona bioclimática 3.

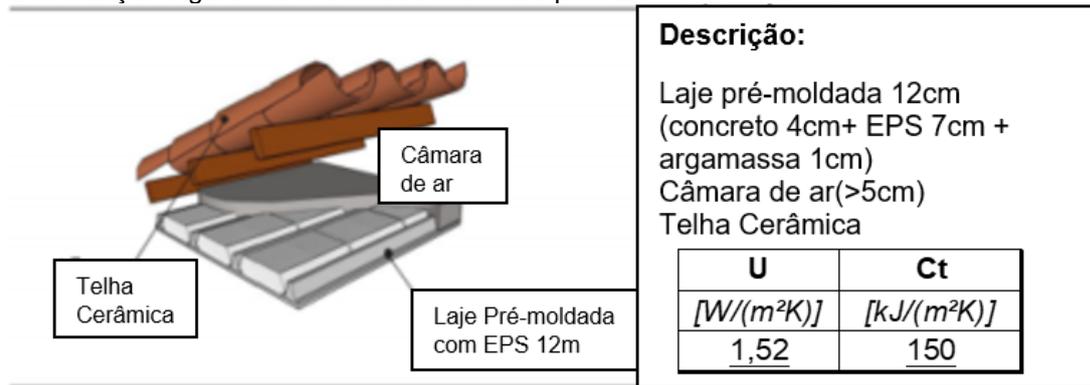


Fonte: RTQ-R (2017).

Figura 31: Coberturas indicadas para zona bioclimática 3.



Continuação Figura 31: Coberturas indicadas para zona bioclimática 3.

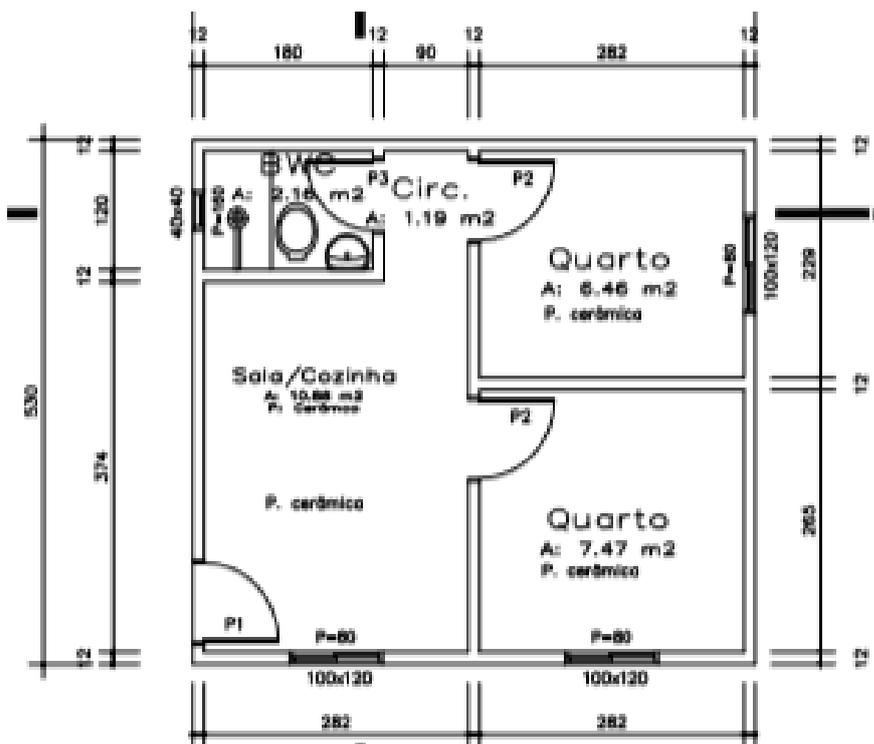


Fonte: RTQ-R (2017).

#### 4.4 DADOS DA SIMULAÇÃO

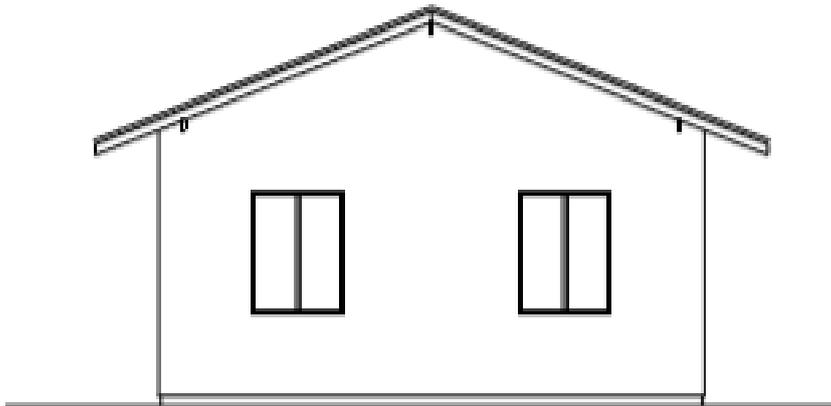
Para que se possa realizar a simulação, se faz necessário saber de dados da residência. Mediante visita a Secretaria da Habitação de Joinville, foi possível obter acesso as plantas arquitetônicas das moradias do Loteamento Cubatão II, conforme apresentada nas Figuras 32, 33 e 34.

Figura 32: Planta baixa residência (Loteamento Cubatão II).



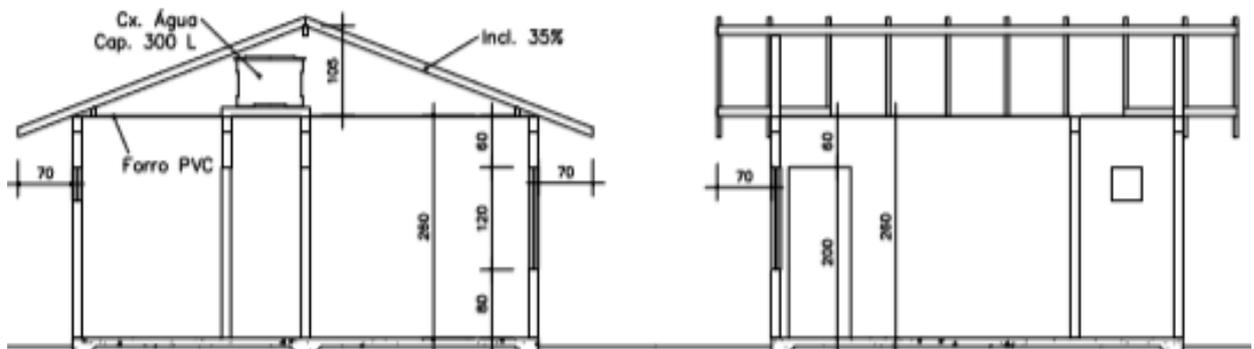
Fonte: SEHAB (2019).

Figura 33: Fachada Residência (Loteamento Cubatão II).



Fonte: SEHAB (2019).

Figura 34: Cortes Planta residência (Loteamento Cubatão II)



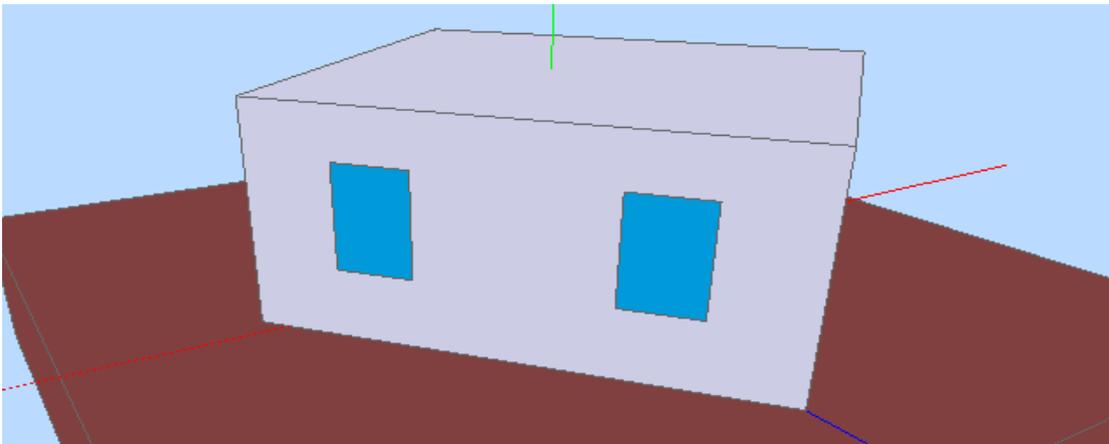
Fonte: SEHAB (2019).

Com isto foi possível realizar a planta da residência no *software* Domus, uma vez que já se tinha conhecimento das dimensões da residência, obtidos via planta baixa, além de espessuras de parede e tipo de cobertura, obtidos pelos cortes (Figura 34).

Mediante a visita ao local, escolheu-se uma residência, delimitada na Figura 27, que com auxílio de bússula obteve-se que a frente da residência está apontada a aproximadamente  $231^\circ$ , ou seja, possui sua fachada voltada a sudoeste.

Tendo as dimensões da casa, seu perímetro (22,60m) e área (31,80m<sup>2</sup>) tamanho de aberturas e direção de sua fachada, foi possível realizar o modelo geométrico que será utilizada para simulação no *software* Domus como mostra a Figura 35.

Figura 35: Modelo Geométrico utilizado via *software* Domus.

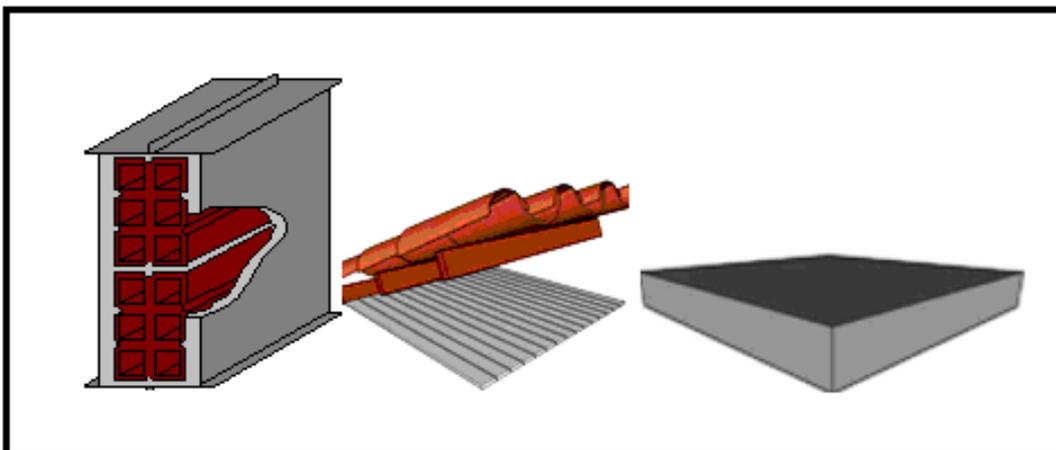


Fonte: *Software* Domus (2019).

Em conformidade com o memorial descritivo do loteamento Cubatão II, cuja qual encontra-se disponível Apêndice A e na sede da SEHAB em Joinville/SC, foi possível obter os materiais de fechamento e cobertura, conforme apresenta na Figura 36, especificados em simulação por meio de :

- a) Fechamento: Composto de Reboco (1,5cm) + Tijolo (9cm) + Reboco (1,5cm)
- b) Cobertura: Cobertura de PVC (1cm) + Camara de ar (5cm) + Telha de Barro (1cm)
- c) Piso: Concreto (5cm)

Figura 36: Modelo de fechamento, cobertura e piso usado em simulação.



Fonte: *Software* Domus (2019).

Como o próprio *software* possui os materiais em seu acervo, todas as propriedades físicas necessárias para realização da simulação de conforto térmico já estão estabelecidas.

Com o modelo geométrico da simulação estabelecido e sua orientação, para orientação solar ao longo do dia, a etapa seguinte consiste nos parâmetros estabelecidos para realizar a simulação. Um fato importante do *software* Domus é que as capitais brasileiras já encontram-se cadastradas em sua base de dados.

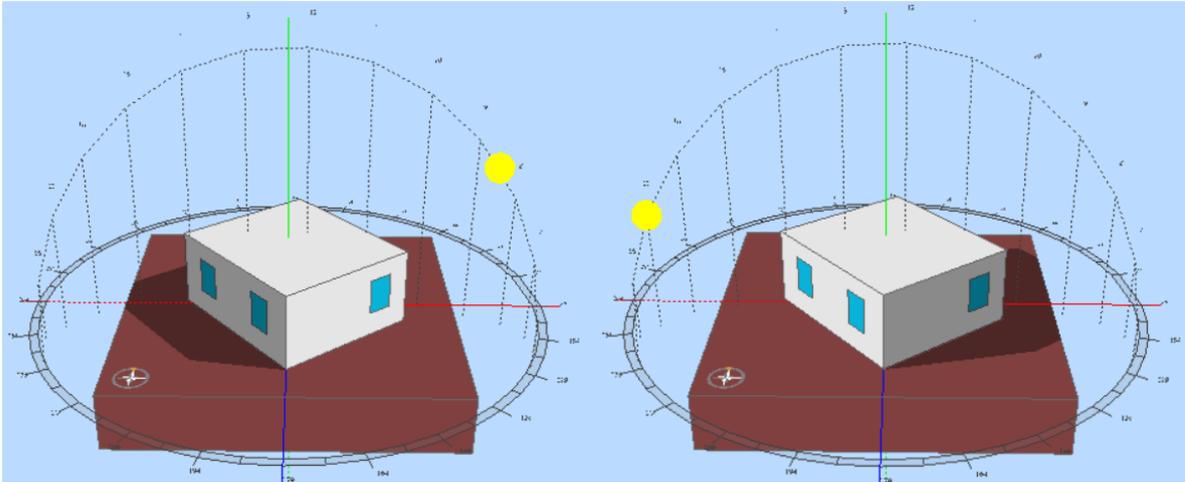
Estas cidades possuem séries históricas de dados necessários para realizar a simulação de conforto do ambiente, sendo estes: temperatura, umidade, radiação direta e radiação difusa. Além disto, diversas outras cidades podem ser obtidas por meio do site do *software* EnergyPlus, pois ambos os *softwares* utilizam o mesmo diretório como base.

Para a cidade de Joinville/SC, o posto de coleta de dados climáticos encontra-se localizado no Aeroporto de Joinville (JOI) – Lauro Carneiro de Loyola, que fica a menos de 1km de distância do loteamento Cubatão II, o que dá uma melhor realidade a simulação, uma vez que a localização da coleta de dados climáticos para a simulação ser muito próxima da que se pretende realizar.

Os dados climáticos apresentados para a cidade de Joinville compreendem em uma coleta histórica de 10 anos, diariamente, compreendendo os anos de 2007 à 2017 obtidas por meio da organização “*Climate One Building*” que possui este tipo de acervo climático de diversas cidades ao redor do mundo que são abastecidas por universidades, órgãos públicos e empresas privadas. Desta forma, os valores máximos, mínimos e médios mensais são apresentados. Diante isto, o programa já possui em sua base de dados séries históricas dos dados presentes no ANEXO C.

Outro fator a ser considerado na simulação é a localização exata da edificação, de modo a contemplar a real quantidade de energia absorvida devido a radiação, ou seja, foi realizado o posicionamento da residência com relação a orientação solar de modo a seguir o projeto executado, ou seja, obtidos in situ. Por meio do Google Maps e visita ao local se pode obter as coordenadas de latitude e longitude sendo -26.214990 e -48.799807 respectivamente. Este parâmetro é de extrema importância, uma vez que a radiação solar sob a edificação se difere nas fachadas da edificação que possuem aberturas (portas e janelas). Com isto, a orientação solar sob a edificação é apresentada na Figura 37.

Figura 37: Orientação solar pela manhã ao Nascer do sol (à Esquerda) e Orientação solar pela tarde ao pôr do sol (à direita).



Fonte: *Software Domus* (2019).

Outro parâmetro estabelecido foi que, em conformidade com a ISO 9241-11, se tem que a temperatura ideal, para manter uma pessoa em um ambiente termicamente “confortável”, é de 23° C. Fora também definido que a residência possui 1 sistema de condicionador de ar, modelo Split, de 10.000 BTU, cuja especificações estão de acordo com a Procel com selo de eficiência energética “A” e encontram-se já estabelecidas no *software*.

E por fim, estabeleceu-se o passo de tempo da simulação. Em casos onde se deseja obter parâmetros mais específicos, deve-se realizar um melhor refinamento, sendo inferiores ao passo de tempo de 1 minuto. Porém, quanto mais refinado for, maior o tempo de simulação. Logo, para estas simulações foi estipulado o passo de tempo de 30 segundos, a fim de se obter em tempo hábil um resultado com determinada precisão e confiabilidade.

Após a realização da simulação da residência já existente foram analisados os dados obtidos para sugerir uma nova edificação, de modo a alterar para o indicado em norma.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo está apresentado os resultados obtidos de cada um dos objetivos, mediante as simulações realizadas via *Software Domus*. Os resultados estão apresentados por intermédio de gráficos, tabelas e considerações em relação a eficiência.

### 5.1 TRATATIVA DE DADOS DE GANHOS DE ENERGIA

#### 5.1.1 Ganhos de energia da edificação para o caso real

Mediante os parâmetros já existentes da residência (caso real), pode-se afirmar que a edificação possui ganhos térmicos dos seguintes parâmetros de transmissão de calor que são:

- a) Paredes;
- b) Piso;
- c) Janelas;
- d) Cobertura;

Desta forma, obteve-se que o percentual o ganho de energia, ou seja, o calor sensível obtido por cada parte (composta pelas: paredes, piso, janelas e cobertura) devido a transferência de calor ocorrida por meio da condução, devido as condições climáticas de fora da edificação. Estes ganhos de energia estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Ganho de energia médio diário (Watt) para cada parte da edificação simulada (Caso real).

	<b>Paredes</b>	<b>Piso</b>	<b>Janelas</b>	<b>Cobertura</b>
<b>Janeiro</b>	674,15	133,98	21,15	390,69
<b>Fevereiro</b>	735,80	181,85	26,62	420,46
<b>Março</b>	472,36	121,78	10,07	271,35

<b>Abril</b>	248,15	81,64	-0,87	136,45
Continuação Tabela 7				
	<b>Paredes</b>	<b>Piso</b>	<b>Janelas</b>	<b>Cobertura</b>
<b>Maio</b>	129,96	53,90	-7,09	69,25
<b>Junho</b>	36,12	47,13	-11,57	6,35
<b>Julho</b>	27,04	30,61	-12,66	3,25
<b>Agosto</b>	88,69	26,96	-10,94	37,06
<b>Setembro</b>	199,65	43,04	-8,09	108,78
<b>Outubro</b>	329,70	59,40	-2,60	184,83
<b>Novembro</b>	441,90	92,01	3,40	249,95
<b>Dezembro</b>	555,27	128,30	14,52	313,89

Fonte: o autor (2019).

Além disto, o software contempla o ganho solar, ou seja, a parcela de energia proveniente da transferência de calor por radiação solar que o ambiente interno ganha pelo vidro, apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Ganho de energia média mensal por Radiação.

<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Maió</b>	<b>Junho</b>
31,56	37,8	21,71	13,61	6,3	6,27
<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
6,27	13,37	18,11	26,6	27,35	30,6

Fonte: o autor (2019).

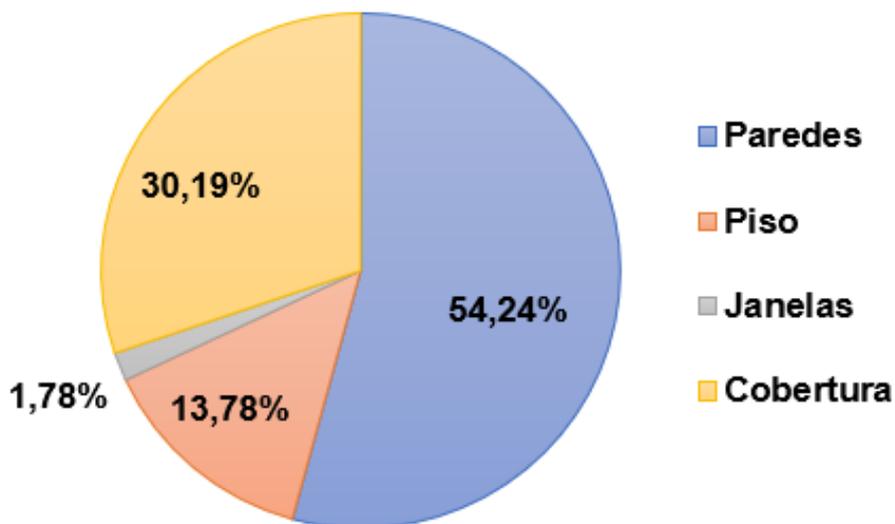
Ao analisar os ganhos de energia média diária apresentados na Tabela 10, pode-se verificar que existem valores positivos e negativos. Isto está de acordo pois como se tem conhecimento, os meses de dezembro a março correspondem aos meses do verão, desta forma, a edificação ganha energia, uma vez que a temperatura externa é superior a temperatura interna da residência. O que em contrapartida no inverno ocorre, pois, os meses de maio a agosto apresentam valores negativos, ou seja, a temperatura interna é superior a temperatura externa, mesmo que a quantidade de energia cedida para o meio seja muito inferior a energia inversa no período de verão.

Os ganhos obtidos mediante a radiação são muito inferiores, quando comparadas ao da condução, uma vez que este só ocorre quando ocorre a incidência do sol sob o vidro, e em muitos períodos da simulação (que foi realizada a cada 30seg ao longo do dia durante um ano) o valor proveniente é zero. Da mesma forma como em casos contrários com a incidência solar e radiação máxima o valor foi muito superior ao médio.

Além disto vale destacar que no caso dos materiais que apresentam maior capacitância térmica, como o piso quando comparado a parede, nos meses de inverno ele consegue manter mais tempo sua energia, sendo assim o motivo de seu valor positivo ser mais elevado que os demais.

Por meio da Tabela 7 se pode realizar o levantamento global de ganho de energia da edificação e estimar o percentual de cada parte, como mostra a Figura 38 tem-se que para o padrão de residência que a Prefeitura de Joinville e a Secretária da Habitação da cidade estão utilizando no projeto do Loteamento Cubatão II, as paredes são a principal fonte do fluxo de energia que ocorre entre o meio externo e interno da edificação, seguidos da cobertura, piso e janelas, sucessivamente.

Figura 38: Gráfico da contribuição de contribuição energética por parte (%).



Fonte: o autor (2019).

### 5.1.2 Ganhos de energia da edificação para o caso ideal.

Como pode-se observar, as paredes da envoltória da edificação são responsáveis por mais da metade do ganho de energia. Com isto, visando um maior conforto térmico da edificação para as futuras residências a serem construídas no loteamento do Bairro do Cubatão, foi realizado uma nova simulação. Denominada “caso ideal”, este novo modelo teve seu fechamento alterado de modo a se obterem melhores resultados de ganhos de energia para as mesmas condições utilizadas para o “caso real”.

O fechamento (apenas as 4 paredes externas da edificação) foi alterado para bloco de concreto (14cm) e uma camada de reboco em ambas as faces (2,5cm), conforme apresentado na Figura 31.

Para este caso então foi simulado os mesmos itens utilizados no caso anterior, apenas alterando os materiais de envoltória. Para este caso visou obter valores inferiores aos obtidos no caso ideal, uma vez que tentasse justificar o sugestivo na norma de conforto térmico. Após simulação realizada, obteve-se os valores de ganho de energia média diário, expressos na Tabela 9.

Tabela 9: Ganho de energia médio diário (Watt) para cada parte da edificação simulada (caso ideal).

	<b>Paredes</b>	<b>Piso</b>	<b>Janelas</b>	<b>Cobertura</b>
<b>Janeiro</b>	481,57	96,38	21,58	347,12
<b>Fevereiro</b>	520,02	134,10	26,55	372,82
<b>Março</b>	351,29	94,88	10,82	244,70
<b>Abril</b>	200,97	68,37	0,48	123,74
<b>Mai</b>	106,73	44,40	-7,43	54,93
<b>Junho</b>	37,33	42,23	-12,08	-2,32
<b>Julho</b>	32,93	27,44	-13,11	-5,87
<b>Agosto</b>	82,70	22,88	-10,41	26,91
<b>Setembro</b>	165,30	31,47	-6,90	85,04
<b>Outubro</b>	258,07	39,39	-0,80	155,16
<b>Novembro</b>	342,20	64,69	6,00	204,30
<b>Dezembro</b>	434,66	100,14	17,46	290,26

Fonte: o autor (2019).

Como pode-se observar, também ocorre a amostra de dados positivos e negativos, devido ao mesmo motivo já mencionado. O ganho de calor proveniente da radiação solar se manteve o mesmo do apresentado na Tabela 8, uma vez que não houve alteração das janelas.

Com a alteração da envoltória por bloco de concreto, se pode observar a redução do fluxo de energia pelas paredes, como apresenta a Tabela 10 que apresenta o quanto houve desta redução ( $\Delta$  Paredes, em Watt) e o percentual de redução do fechamento em tijolo cerâmica quando comparado ao bloco de concreto.

Tabela 10: Redução do ganho de energia com alteração da envoltória (em W e %).

	$\Delta$ Paredes	$\Delta\%$
<b>Janeiro</b>	192,58	28,57%
<b>Fevereiro</b>	215,78	29,33%
<b>Março</b>	121,07	25,63%
<b>Abril</b>	47,18	19,01%
<b>Maiο</b>	23,23	17,87%
<b>Junho</b>	-1,21	-3,35%
<b>Julho</b>	-5,89	-21,78%
<b>Agosto</b>	5,99	6,75%
<b>Setembro</b>	34,35	17,21%
<b>Outubro</b>	71,63	21,73%
<b>Novembro</b>	99,7	22,56%
<b>Dezembro</b>	120,61	21,72%
<b>Total reduzido</b>	925,02	

Fonte: o autor (2019).

Ao se analisar a Tabela 10, é possível afirmar que a alteração da envoltória por bloco de concreto na edificação foi benéfica, uma vez que se pode observar a redução no ganho de energia por estas.

Mesmo havendo meses, junho e julho, em que os valores obtidos pelo fechamento em cerâmica foram inferiores ao bloco de concreto, estas diferenças foram mínimas, uma vez que analisando no geral ao longo do ano simulado houve-se uma economia de 925,02 Watts devido a escolha por bloco de concreto.

## 5.2 ANÁLISE DE DEMANDA DA ENERGIA ELÉTRICA

### 5.2.1 Demanda e Consumo de energia elétrica para caso real

Após a simulação dos ganhos de energia da edificação, obteve-se o valor referente a manter a temperatura do ambiente interno dentro de uma zona de conforto térmico. Para isto, ressaltasse que o sistema de condicionador de ar utilizado foi acionado automaticamente a partir do momento em que a temperatura interna ultrapassasse o valor de 25°C. Desta forma, o sistema se aciona automaticamente, trazendo o ambiente interno a uma temperatura de 23°C, uma vez que esta é temperatura média para conforto térmico.

Assim tem-se uma histerese de 2°C para que o ambiente possa trabalhar algumas horas com o sistema desligado caso necessite retornar a ser acionado. Com isto, os valores correspondentes ao gasto energético para o caso real são apresentados conforme Tabela 11.

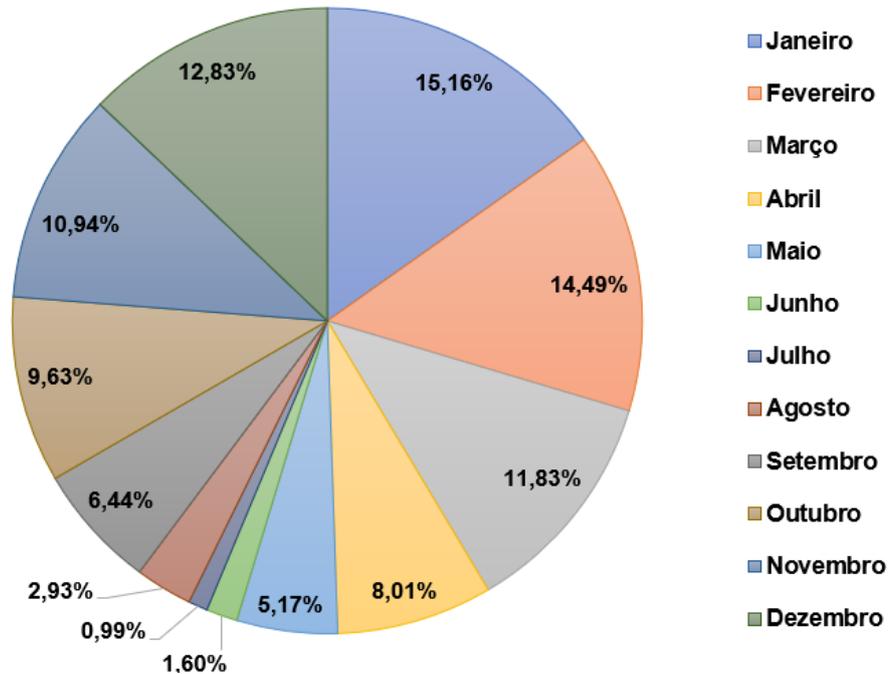
Tabela 11: Gasto em energia elétrica mês a mês – Caso real.

<b>Mês</b>	<b>Gasto (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	188,30
<b>Fevereiro</b>	179,99
<b>Março</b>	146,94
<b>Abril</b>	99,49
<b>Mai</b>	64,17
<b>Junho</b>	19,92
<b>Julho</b>	12,30
<b>Agosto</b>	36,42
<b>Setembro</b>	79,96
<b>Outubro</b>	119,61
<b>Novembro</b>	135,89
<b>Dezembro</b>	159,41
<b><u>Total</u></b>	<b><u>1242,41</u></b>

Fonte: o autor (2019).

A Figura 39 expressa os valores da Tabela 11, em forma de gráfico.

Figura 39: Gráfico referente ao percentual mensal em gasto com energia elétrica devido ao uso de sistema de resfriamento – Caso real.



Fonte: o autor (2019).

Por se tratar apenas de gasto com sistema de resfriamento, os meses de outubro a abril possuem valores significativos, uma vez que os demais meses correspondem a estação mais fria do ano, baixas temperaturas, onde na maior parte não houve a necessidade do acionamento do sistema de ar condicionado.

Levando em consideração a Resolução homologatória nº 2.436, de 13 de agosto de 2018 proposta pela Centrais elétricas de Santa Catarina, para uma residência de baixa renda tem-se o custo de R\$0,52049 kW/h. Assim, para esta simulação, do modelo de residência já existente no loteamento, o gasto com energia elétrica anual apenas para sistema de resfriamento seria de R\$646,66 reais.

## 5.2.2 Demanda e Consumo de energia elétrica para o caso ideal

Sabendo dos valores expressos em ganhos de energia da edificação, foi possível estabelecer o gasto com energia elétrica para manter a residência dentro da zona de conforto para seus moradores para a edificação proposta com sua envoltória composta em bloco de concreto.

Desta forma, os gastos, em kWh, estão exemplificados mensalmente na Tabela 12.

Tabela 12: Gasto em energia elétrica mês a mês – Caso ideal.

<b>Mês</b>	<b>Gasto (kWh)</b>
<b>Janeiro</b>	156,65
<b>Fevereiro</b>	145,29
<b>Março</b>	131,54
<b>Abril</b>	91,68
<b>Mai</b>	49,83
<b>Junho</b>	15,92
<b>Julho</b>	9,82
<b>Agosto</b>	30,21
<b>Setembro</b>	62,96
<b>Outubro</b>	95,25
<b>Novembro</b>	110,02
<b>Dezembro</b>	131,64
<b><u>Total</u></b>	<b><u>1030,81</u></b>

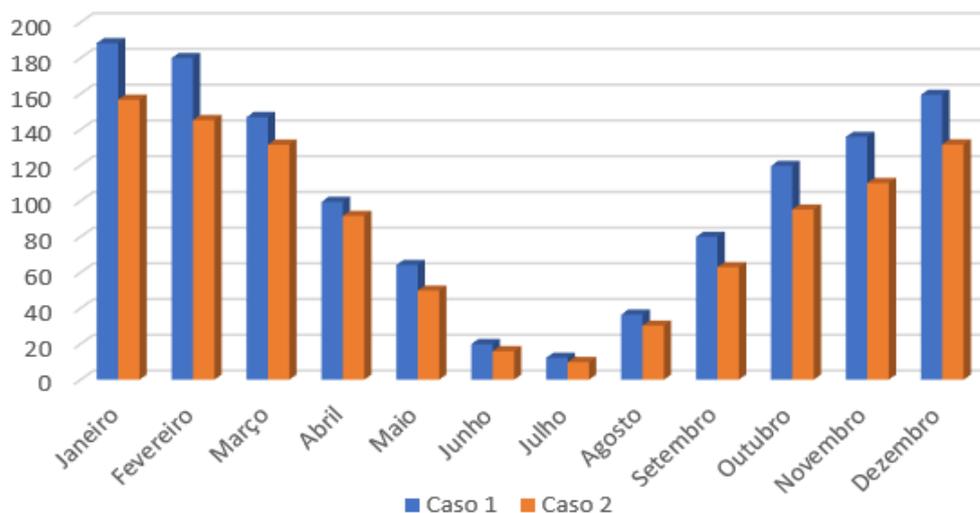
Fonte: o autor (2019).

Como pode se observar que os meses de junho e julho apresentaram um mínimo uso de energia elétrica para manter o ambiente dentro da zona de conforto térmico estabelecida de 23°C. O total gasto anual em energia elétrica para o caso ideal, em bloco de concreto, foi de 1030,81W, o que gera um custo anual ao proprietário de aproximadamente R\$548,06 reais, sendo este valor menor que R\$646,66 reais.

### 5.2.3 Comparativo entre simulações

Após realizar a simulação para ambos os casos se pode identificar que a recomendação proposta pela NBR realmente traz benefícios em termo de conforto térmico para a edificação, uma vez que a demanda de energia elétrica para o Caso ideal foi inferior ao Caso real, que se refere a edificação atualmente existente no loteamento Cubatão II, conforme pode ser observado na Figura 40 que apresenta a diferença entre simulações.

Figura 40: Gráfico referente ao comparativo de consumo mensal em gasto com energia elétrica devido ao uso de sistema de resfriamento de ambos os casos simulados.



Fonte: o autor (2019).

Em todos os meses houve uma redução no consumo energia elétrica e até mesmo na estação mais fria do ano é possível se obter melhorias no gasto com energia. A Tabela 13 apresenta o comparativo global entre as simulações e o percentual de economia elétrica.

Tabela 13: Comparativo entre caso Real e caso Ideal.

	<b>Caso real</b> <b>(kWh)</b>	<b>Caso ideal</b> <b>(kWh)</b>	$\Delta$ (kWh)	$\Delta\%$
<b>Janeiro</b>	188,3	156,65	31,65	16,81%
<b>Fevereiro</b>	179,99	145,29	34,70	19,28%
<b>Março</b>	146,94	131,54	15,40	10,48%
<b>Abril</b>	99,49	91,68	7,81	7,85%

<b>Maio</b>	64,17	49,83	14,34	22,35%
<b>Junho</b>	19,92	15,92	4,00	20,08%
<b>Julho</b>	12,3	9,82	2,48	20,16%

Continuação Tabela 13.

	<b>Caso real (kWh)</b>	<b>Caso ideal (kWh)</b>	$\Delta$ (kWh)	$\Delta\%$
<b>Agosto</b>	36,42	30,21	6,21	17,05%
<b>Setembro</b>	79,96	62,96	17,00	21,26%
<b>Outubro</b>	119,61	95,25	24,36	20,37%
<b>Novembro</b>	135,89	110,02	25,87	19,04%
<b>Dezembro</b>	159,41	131,64	27,77	17,42%
<b><u>Total</u></b>	<b><u>1242,41</u></b>	<b><u>1030,81</u></b>	<b><u>211,60</u></b>	<b><u>17,03%</u></b>

Fonte: o autor (2019).

Como pode ser observado, a alteração nos materiais de envoltória de uma edificação para os sugestivos em norma, segundo sua zona bioclimática, pode trazer melhorias significativas. Principalmente quando analisado em questões de custo de energia ao decorrer de um ano onde se teve uma diferença final anual de 211,60kWh, o que gera uma economia por ano de R\$109,86, levando em consideração o preço do kWh estipulado pela Resolução homologatória de 13 de agosto de 2018.

### 5.3 CUSTO COM ALTERAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Conforme mencionado no item 4.2.1, o custo total da edificação conforme estabelecido em publicação no site da Prefeitura de Joinville, não corresponde ao m<sup>2</sup> de fechamento, mas sim da edificação como um todo, contando instalações elétricas e hidráulicas.

Porém, como apresenta o gráfico na Figura 38, 54,24% dos ganhos médios diários de energia da edificação provém do fechamento, ou seja, são por meio das paredes da envoltória da edificação que a mesma ganha ou cede calor, afetando assim o conforto térmico de seus ocupantes.

Afim de se ressaltar se ao alterar o fechamento da edificação, localizada no loteamento Cubatão II na cidade de Joinville, é positiva com os ganhos que se tem em eficiência energética, é necessário realizar o levantamento do custo da mesma, para verificar se a troca do material da envoltória é aceitável. Foi realizado o levantamento do custo com relação as paredes da envoltória da edificação (sem contar portas, janelas e esquadrias).

Para poder comparar o custo por m<sup>2</sup> da edificação real com a edificação ideal usada na simulação para uma melhor eficiência térmica, foi realizado o quantitativo do custo para ambos os fechamentos. Desta forma, utilizou-se o Gerador de preços para a Construção Civil – CYPE Ingenieros SA, onde a própria plataforma online possui em seu banco de dados o custo médio de materiais, insumos, mão de obra, equipamentos, tal como o tempo médio de produção.

Pela plataforma de simulação de custo da construção encontrada no gerador, foi possível estabelecer o custo por m<sup>2</sup> de alvenaria para vedação levando em consideração materiais e mão de obra sem contar o reboco, uma vez que em ambos os casos o reboco utilizado possui a mesma espessura o que resultaria no mesmo gasto para sua aplicação.

Com isto, a Tabela 14 apresenta os itens necessário para a composição do custo por m<sup>2</sup> de um fechamento de alvenaria estrutural em alvenaria cerâmica e a Tabela 15 o custo por m<sup>2</sup> do fechamento em bloco de concreto.

Tabela 14: Composição do custo por m<sup>2</sup> do fechamento externo em alvenaria cerâmica.

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
A	Un	Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, 11,5x19x51,5 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	0,315	2,54	0,80
B	Un	Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, 11,5x19x39 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	12,500	0,59	7,38
C	Un	Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, 11,5x19x31,5 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	2,972	1,45	4,31
D	Un	Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, 11,5x19x19 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	1,176	1,22	1,43

E	Un	Bloco compensador cerâmico estrutural, 11,5x19x4 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	0,746	0,65	0,48
F	Un	Canaleta cerâmica estrutural, 11,5x19x39 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 15270-2.	2,121	1,99	4,22

Continuação Tabela 14

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
G	kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	2,249	3,84	8,64
H	kg	Cimento cinza em sacos.	8,550	0,55	4,70
I	m <sup>3</sup>	Água.	0,007	3,39	0,02
J	m <sup>3</sup>	Areia média lavada.	0,012	102,16	1,23
K	m <sup>3</sup>	Pedra britada tipo 0.	0,018	104,35	1,88
L	t	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,021	45,85	0,96
M	h	Betoneira.	0,022	4,73	0,10
N	h	Pedreiro de alvenarias.	0,433	23,85	10,33
O	h	Servente de pedreiro de alvenarias.	0,447	20,46	9,15
P	h	Armador.	0,015	23,70	0,36
Q	h	Ajudante de armador.	0,015	18,08	0,27
R	%	Custos diretos complementares	2,000	56,26	1,13
				<b>Total:</b>	<b>57,39</b>

Fonte: CYPE Ingenieros S.A. (2019).

Tabela 15: Composição do custo por m<sup>2</sup> do fechamento externo em Bloco de Concreto.

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
A	Un	Bloco estrutural vazado de concreto, 14x19x54 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	0,315	3,75	1,18
B	Un	Bloco estrutural vazado de concreto, 14x19x39 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	12,500	2,79	34,88

C	Un	Bloco estrutural vazado de concreto, 14x19x34 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	2,972	2,03	6,03
D	Un	Bloco estrutural vazado de concreto, 14x19x19 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	1,176	1,17	1,38

Continuação Tabela 15.

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
E	Un	Bloco compensador estrutural de concreto, 14x19x5 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	0,746	1,17	0,87
F	Un	Canaleta estrutural de concreto, 14x19x39 cm, resistência à compressão 4,5 MPa. Segundo ABNT NBR 6136.	2,121	2,24	4,75
G	kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	2,249	3,84	8,64
H	kg	Cimento cinza em sacos.	7,411	0,55	4,08
I	m <sup>3</sup>	Água.	0,006	3,39	0,02
J	m <sup>3</sup>	Areia média lavada.	0,012	102,16	1,23
K	m <sup>3</sup>	Pedra britada tipo 0.	0,018	104,35	1,88
L	t	Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	0,015	45,85	0,69
M	h	Betoneira.	0,020	4,73	0,09
N	h	Pedreiro de alvenarias.	0,341	23,85	8,13
O	h	Servente de pedreiro de alvenarias.	0,380	20,46	7,77
P	h	Armador.	0,015	23,70	0,36
Q	h	Ajudante de armador.	0,015	18,08	0,27
R	%	Custos diretos complementares	2,000	82,25	1,65
				<b>Total:</b>	<b>83,90</b>

Fonte: CYPE Ingenieros S.A. (2019).

Como observa-se nas Tabelas 14 e 15, são apresentados o custo contemplando todos os materiais para a execução, tal como o quantitativo em horas das funções de mão de obra existentes para a construção. Desta forma, tem-se uma diferença de R\$26,51 entre os custos por m<sup>2</sup> dos distintos fechamentos externos da edificação.

Como se sabe, o perímetro da edificação é de 22,60m e que a altura é de 2,60m, desta forma é possível determinar a área de envoltória e assim obtendo a diferença entre os custos de fechamento externo de toda a edificação, conforme apresenta a Tabela 16.

Tabela 16: Custo total em fechamento externo.

	<b>Custo por m<sup>2</sup></b>	<b>Área de Fechamento (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Janelas e Porta (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total</b>
<b>Fechamento Alvenaria Cerâmica</b>	R\$ 57,39	58,76	5,00	R\$ 3.085,29
<b>Fechamento Bloco de Concreto</b>	R\$ 83,90	58,76	5,00	R\$ 4.510,47
<b>Diferença entre custo de fechamentos</b>				<b>R\$ 1.425,18</b>

Fonte: o autor (2019).

Conforme apresentado na Tabela 16, o custo adicional com o fechamento em bloco de concreto para a edificação simulada é de R\$ 1425,18.

### 5.3.1 Comparativo em gastos energéticos com alteração do fechamento da edificação

Mediante a quantidade de energia economizada ao longo de um ano com o acréscimo no custo da edificação se pode verificar que a redução no custo de energia elétrica é muito inferior ao acréscimo no orçamento da obra. Porém se realizarmos análise de quanto tempo o custo adicional na edificação paga com a economia em energia elétrica, tem-se que são necessários aproximadamente 14,16 anos.

Pode-se parecer um longo tempo, mas se analisarmos que o concreto tem vida útil mínima de 50 anos, ou seja, uma residência é projetada para durar no mínimo 50 anos (estabelecendo manutenções e reparos quando necessários), esta análise se torna positiva. Sem contar que o custo da energia elétrica sofre inflação com o passar dos anos, o que reduziria um pouco mais o período de 14,16 anos de gasto com energia elétrica pagar a alteração do fechamento da edificação por blocos de concreto

## 5.4 ANÁLISE ECONÔMICA EM DEMANDA DE ENERGIA DO LOTEAMENTO CUBATÃO II

Como pode-se observar, a alteração do fechamento da edificação se torna benéfica não apenas em questões de conforto térmico, mas também pelo fato de não necessitar a utilização de energia elétrica para equipamentos de sistemas de condicionadores de ar, o que faz com que se tenha uma baixa demanda de energia.

Desta forma, como este tipo de residência de programa social habitacional é uma residência modelo, ou seja, não é apenas uma residência isolada em uma localidade distinta da outra, mas sim várias residências que possuem a mesma planta baixa dispostas ao longo de um loteamento, podemos ter uma economia de energia em larga escala. Para o caso do Loteamento Cubatão II, conforme mostra a Figura 26, tem-se 8 quadras dispostos de A à I, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17: Número de lotes por grupo.

<b>Loteamento</b>	<b>Nº de Lotes</b>	<b>Lotes entregues</b>	<b>Fachada a Sudoeste</b>	<b>Fachada a Nordeste</b>
<b>A</b>	15	13	0	2
<b>B</b>	14	0	7	7
<b>C</b>	14	12	2	0
<b>D</b>	20	2	0	18
<b>E</b>	24	0	12	12
<b>F</b>	20	12	8	0
<b>G</b>	19	1	0	18
<b>H</b>	27	0	13	14
<b>I</b>	23	0	23	0
<b>Total</b>	<b>176</b>	<b>40</b>	<b>65</b>	<b>71</b>

Fonte: o autor (2019).

Conforme apresenta a Tabela 17, existem 65 lotes disponíveis para se edificar a residência modelo com sua fachada para o Sudoeste. Levando em consideração a escala do loteamento se faz necessário a simulação para obtenção da economia

quando a edificação está com sua fachada voltada para o Nordeste pois as paredes externas, envoltória da edificação, recebem incidência do sol em horas distintas de quando a fachada está voltada para o Sudoeste.

As simulações para estes casos foi exatamente a mesma, tanto caso real como caso ideal, alterando apenas a orientação da residência, que anteriormente era de 231º e agora sendo a 31º, voltada ao nordeste. A Tabela 18 apresenta os dados gerais obtidos com as novas simulações.

Tabela 18: Gasto anual com energia elétrica para residência com fachada a nordeste.

	<b>Caso real (kWh)</b>	<b>Caso ideal (kWh)</b>	<b><math>\Delta</math> (kWh)</b>	<b>Custo</b>
<b>Fachada a Nordeste</b>	1265,79	1071,83	193,96	R\$100,96

Fonte: o autor (2019).

Para a residência com a fachada a Nordeste tem-se que a economia gerada é um pouco abaixo da apresentada para o modelo de residência quando a fachada é voltada a sudoeste. Isto apenas demonstra que a alteração do posicionamento com relação a orientação solar quando distinguido acaba alterando o resultado, podendo ser devido a alteração da fachada mais envidraçada, que agora estava voltada ao sol no período aonde o mesmo possui maior incidência.

Portanto, pode-se obter a economia total gerada pelo loteamento localizado no bairro Cubatão, conforme apresenta a Tabela 19.

Tabela 19: Economia em energia elétrica anual de todo o loteamento Cubatão II.

<b>Loteamento</b>	<b>Nº de Lotes</b>	<b>Economia de 1 Residência (kWh)</b>	<b>Economia Total (kWh)</b>
<b>Fachada a Sudoeste</b>	65	211,60	13.754,00
<b>Fachada a Nordeste</b>	71	193,96	13.771,16
<b>Total de economia gerada (kWh)</b>			<b>27.525,16</b>

Fonte: o autor (2019).

Fazendo uma análise global da economia gerada se todas as 136 residências de alvenaria estrutural por bloco de concretos a serem construídas futuramente no

loteamento Cubatão II, se teria 27.525,16kWh economizados ao longo de 1 ano. Ou seja, toda a economia gerada pelo loteamento se iguala a 26 residências operando nas mesmas condições

## 5.5 CONSIDERAÇÕES

Ao término da análise global simulada tem-se que ao alterar o material da envoltória da edificação, proposta pela PMJ e pelo SEHAB de Joinville, por bloco de concreto é positivo em termos de ganhos de energia, uma vez que a quantidade de energia necessária para um sistema de refrigeração manter o ambiente dentro em temperaturas de conforto térmico é inferior quando comparado ao modelo atual de edificação e seu respectivo fechamento em alvenaria estrutural constituída de cerâmica. Ou seja, o ambiente interno consegue permanecer mais horas em conforto térmico para seus usuários sem a necessidade de recursos artificiais.

Vale ressaltar que a edificação proposta e sua envoltória em bloco de concreto é benéfica para o caso simulado em Joinville, ou seja, baseado nas características climáticas e a zona bioclimática em que a cidade está inserida, este tipo de material para envoltória da edificação se torna positivo nos parâmetros analisados neste projeto. Não significa afirmar que para qualquer cidade inserida na zona bioclimática 3 este tipo de edificação eficientemente mais energética, pelo contrário, é necessário realizar um estudo específico da cidade e suas características climáticas.

Porém, a alteração do material constituinte do fechamento possui um custo mais elevado do que a cerâmica, o que faz necessário ser reavaliado se tal alteração ainda se torna positiva para o comprador e seus moradores, mas também para o órgão que financia e disponibiliza este tipo de residência para a população de baixa renda ser contemplada, uma vez que a alteração trará aumento no custo final da edificação.

Ao analisar o custo da edificação, que é de R\$34.138,31 com o R\$1557,73 adicional para alterar a envoltória por bloco de concreto, esse acréscimo corresponde a 4,56% em cima do orçamento.

Este acréscimo pode trazer inúmeras vantagens para todos os envolvidos e principalmente a cadeia em que o envolve, pois:

- a) Reduz o custo em energia elétrica que será necessária para manter seus usuários dentro de uma zona de conforto térmico;
- b) A edificação permanece mais horas em conforto térmico sem necessidade de recursos artificiais;
- c) O método construtivo de alvenaria estrutural por bloco de concreto é mais eficaz em questão de tempo, uma vez que o próprio orçamento aponta que o rendimento, por m<sup>2</sup>, dos envolvidos é superior ao rendimento quando realizado a alvenaria estrutural composta por cerâmica. Por ser peças maiores, o bloco de concreto faz com que o transporte, manuseio e encaixe seja mais rápido, o que resulta em uma obra construída em um tempo menor;
- d) Quando se trata da construção civil, aonde envolve-se órgãos públicos e principalmente, como foi visto na fundamentação teórica deste projeto, a população de baixa renda que enfrenta uma longa fila de espera em programas de habitação social, o tempo se torna um fator importante, pois como apresentado são inúmeras famílias que aguardam na fila de espera para a obtenção da casa própria em todo o país;
- e) O bloco de concreto, segundo os estudos, oferece melhores condições acústicas que a cerâmica (MALLMANN, 2017);
- f) A alvenaria estrutural constituída de blocos de concreto torna a edificação mais pesada, uma vez que a densidade do concreto é superior à da cerâmica. E por se tratar de uma edificação mais pesada, torna a estrutura mais resistente estruturalmente (MALLMANN, 2017);
- g) A não utilização de recursos artificiais, condicionadores de ar, para se manter em conforto térmico não agride o meio ambiente;
- h) Com a redução no consumo de energia elétrica, principalmente no período de alto consumo (verão), evita-se a utilização de fontes não renováveis para geração de energia elétrica o que gera dois impactos. Primeiramente por se tratar de fontes não renováveis, possuem limitação, ou seja, evita o uso de matéria “esgotável”. E por segundo a utilização de fontes não renováveis no Brasil são as queimas de combustíveis fósseis, o que gera um grande impacto ambiental uma vez que a queima gera emissão de dióxido de carbono que é a principal causa do efeito estufa e aquecimento global.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho foi aplicado a técnica de simulação para analisar um modelo referencial de residência do programa Minha Casa Minha Vida localizado na cidade de Joinville-SC. Por meio do estudo da residência modelo já entregue, seguindo os materiais utilizados no fechamento e cobertura, obteve-se com auxílio de simulação via *Software Domus* os ganhos de energia que está edificação possui. Desta forma, realizou-se um comparativo com a norma de conforto térmico, NBR 15.220:2005, e suas sugestões de materiais de modo a se realizar nova simulação para realizar comparativo cuja qual apontar se o programa habitacional, projetados pela Secretaria Habitacional de Joinville, segue as sugestões de norma e se seus materiais, tipos de envoltória e cobertura, são eficientes no aspecto de conforto térmico.

Por meio de visitas à SEHAB de Joinville, foi possível observar que as residências unifamiliares desenvolvida para interesse social são constituídas de alvenaria estrutural de bloco cerâmicos, ou seja, não segue o sugestivo pela norma NBR 15.220:2005.

As legislações e normativas existentes no Brasil não caracterizam um tipo solido padrão a ser seguido para se obter um melhor conforto térmico nas edificações, o que vai de acordo pois são inúmeros fatores e variáveis que definem um melhor ambiente térmico, principalmente pelos fatores climáticos ao longo de todo o território nacional ser muito diverso.

Porém, conhecendo tais parâmetros e se obtendo dados climáticos, pode se recorrer ao método de simulação computacional para avaliar um melhor fechamento para edificação. Muitas vezes o uso, devido à falta de dados, e até mesmo custo, de um recurso de simulação pode se tornar um fator limitante quando se trata de uma obra exclusiva. Porém, em casos de edificações produzidas em larga escala e, principalmente, por se tratar de obras que possuem um caráter social que provém de

dinheiro público. Este tipo de residência deveria ser muito explorado, uma vez que em um loteamento são feitas inúmeras residências iguais, o que resulta em uma economia em larga escala que contempla não apenas em dinheiro, mas também em impacto ambiental.

Porém, pode se alegar que a ferramenta computacional deve fazer parte do profissional que atua na construção civil, pois além de poder propor melhorias específicas ele estará contribuindo para um menor impacto ambiental proveniente das edificações.

Durante a execução deste projeto ocorreu o crescimento profissional do autor, pois este tipo de abordagem unifica quatro grandes domínios: a Engenharia Civil, e sua abordagem com relação a construção; A Arquitetura e Urbanismo, e o domínio por discriminar o que ocorre no entorno de uma edificação e seus devidos impactos; e a Engenharia Mecânica e Engenharia de Processos devido o conhecimento mais específico em termodinâmica e propriedade de materiais. Recomenda-se para trabalhos futuros desenvolver e analisar distintos tipos de fechamento, quando comparado a norma, de modo a se ter um melhor ambiente dentro dos aspectos de conforto térmico.

## REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. K. **Introdução à Gestão Habitacional**. São Paulo: EPUSP, 1995. Disponível em: <[http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT\\_00012.pdf](http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf)> Acesso em: 13 abr. 2019.
- ACOSTA, C. **O programa federal brasileiro “minha casa, minha vida” é um regulador-sombra das normas urbanísticas municipais?** São Paulo: FGV, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T. **Climatologia e gestão do espaço urbano**. v. 9, Fortaleza: Mercator, p. 71-90., 2010.
- ASSIS, E. S. de. **Métodos preditivos da climatologia como subsídio ao planejamento urbano: aplicação ao conforto térmico**. v. 1, São Paulo: AGB, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- BARANDIER, H.; de ALMEIDA, M. C. T. S.; MORAES, Ricardo. **PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica: Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA; ELETROBRAS/PROCEL, 2013.
- de BARROS, H.; LOMBARDO, M. A. **A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo no município de São Paulo-SP**. GEOUSP: Espaço e Tempo, 2016.
- BLUMENSCHNEIN, R. N.; PEIXOTO, E. P.; GUINANCIO, C. **Avaliação da qualidade da habitação de interesse social: projetos urbanísticos e arquitetônicos e qualidade construtiva**. UnB –FAU, Brasília, 2015.

BONDUKI, N. G. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula.** n. 1, São Paulo: Arq. Urb. – Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo, p. 70-104, 2008.

BRASIL EPE. **Balço Energético Nacional 2014:** Ano-Base 2013 Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE. p.288, 2014.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento & luz:** estratégias para o projeto de arquitetura. 2ª. ed., São Paulo: Bookman, 2004.

BROWN, G.Z.; DEKAY, Mark. **Sol, Vento & Luz:** estratégias para o Projeto de Arquitetura. 1ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Perenidade dos Programas Habitacionais.** Brasília: FGV, 2016.

CEF - CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Minha casa minha vida. (Cartilha).** Brasília, 2009.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTA, R. S.. **Desempenho Térmico e Habitação:** Uma Avaliação Comparativa no Contexto Climático da Zona Bioclimática 8. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, 2011.

COSTA FILHO, A. C.. **Adequação Bioclimática dos Espaços Urbanos Abertos do Centro de Fortaleza.** Fortaleza: O Povo, p. 14-15, 2009.

CRICHTON, D.; NICOL, F.. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

CRUZ, F. **Número de atendimentos por doenças respiratórias cresce 30% em São Paulo.** Agência Brasil, 08 Mai. 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-05/numero-de-atendimentos-por-doenca-respiratoria-cresce-30-em-sao-paulo>>. Acesso em: 01 out. 2018.

DINIZ, F. M. **Os desafios postos pela conservação da arquitetura moderna.** Revista CPC. 2010.

MARQUES, T.H.T.; **Influência das propriedades térmicas da envolvente opaca no desempenho de habitações de interesse social em São Carlos, SP.** Dissertação do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2013.

EDWARDS, J. **A process view of knowledge management:** it ain't what you do, it's the way that you do it. The Electronic Journal of Knowledge Management, n. 9, 2011.

ENNIO, C. C. ROAF, S.; CARVALHO, B. de A. **Técnica de orientação dos edifícios**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1970.

EPA, U. S.; **Environmental Protection Agency. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics**. 2008. Disponível online em: <http://www.epa.gov/heatisland>. Acesso em 12 Dez. de 2018.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 7° ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GARCÍA, M.C. M. **La Intensidad de la “Isla de Calor” de Barcelona**: Comparación con otras Ciudades Españolas. *Alísios Revista de Geografía*, Barcelona, v.1, p. 47-51, 1991.

GOMEZ, A. L.; GARCIA, F. F. **La Isla de Calor en Madrid**: Avance de un Estudio de Clima Urbano. Madrid: Estudios Geográficos, n.174, p.5-22, 1984.

GRUNBERG, P.R.M.; TAVARES, S. **Carta Bioclimática para Localidade de Joinville/SC**. Encontro latino-americano de edificações e comunidades sustentáveis – ELECS, 2013.

INCROPERA, F.P., BERGMAN, T.L., DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**, 7ª ed., Rio de Janeiro-RJ: Editora LTC, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Anexo da Portaria INMETRO nº 18/2012. 2012.

JAMES, P.A.B.; TELI, D. **Resources and World Energy Outlook**. CENV 6147 Climate Change, Energy and Settlements. University of Southampton. Southampton - UK, 2014-2015.

KNOWLES, Ralph, L. **The envelope solar**. Disponível em: < [http://www.rcf.usc.edu/~rknowles/sol\\_env/sol\\_env.html](http://www.rcf.usc.edu/~rknowles/sol_env/sol_env.html) >. Acesso em 15 de Fev. 2019.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.V.G., BARBOSA, M.J., PIETROBON C. E., BOGO A., PITTA T., **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. NPC: UFSC, p. 80, 1994.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 1ª.ed. Rio de Janeiro, 1997.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2014.

LOUREIRO, K. C. G. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MALLMANN, J.F. **Comparativo de custos entre o uso de blocos de concreto estrutural e a estrutura de concreto armado com fechamento de alvenaria**. IPOG. Revista on-line Especialize. Julho/2017.

Maricato, E. **O Ministério das Cidades e a política nacional de desenvolvimento urbano**. Políticas Sociais, 12, 211-220, 2006

MASCARÓ, L. R. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1996.

MARROQUIM, F. M. G. **Avaliação pós-ocupação de unidades residenciais modificadas de um conjunto habitacional em Maceió-AL**: flexibilidade, dimensionamento e funcionalidade dos ambientes. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

MARTINS, B. X. **O Programa Minha Casa Minha Vida: a mercadoria habitação a serviço da reprodução do capital em contexto de crise**. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: oficina de texto, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Empresa de Pesquisa Energética-EPE. Nota Técnica DEA 03/11 – Projeção de Demanda de Energia Elétrica (2011 – 2020)**, 2011.

MONTEIRO, João Carlos Carvalho dos Santos. **Habitação de interesse social em cenários de revalorização urbana: considerações a partir da experiência carioca**. n.34, pp.441-459, 2015.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. Ed. Contexto, São Paulo, 2009.

MOREIRA, Vinícius de Araújo. **Iluminação e fotometria**: teoria e aplicação. São Paulo: Edgar Blücher, 1982.

NOVICKI, J. M., MARTINEZ, R. **Leds para Iluminação Pública**. 2008. Disponível: <http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/41.pdf> - Acesso em 02 de Mar. 2019

NUNES, H. M.; MORAES, M. C. B. **Gestão Estratégica das Instituições de Educação Superior Presenciais de Joinville**: uma Análise das Convergências. 1-13. 10.18226/610001/MOSTRAXVIII.2018.63.

OKE, T. R. **Boundary Layer climates**. 2 ed. London: Methuen, 1987.

OKE, T. R., **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island**: Comparison of scale model and field observations. *Journal of climatology*, New York, v. 1, n. 3, 1981.

OSÓRIO, L. M. **Direito à moradia no Brasil**. Fórum Nacional de Reforma Urbana. 2004. Disponível <em: <http://www.forumreformaurbana.org.br>> Acesso em: 11 nov. 2018.

PELSMAKERS, S. **The Environmental Design Pocketbook**. Londres: RIBA Publishing, 2012.

PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. GUTHS, S.; GHISI, E. **Guia de medição e cálculo para refletância e absortância solar em superfícies opacas**. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 1 ed. Florianópolis: CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, 2015.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré-dimensionamento**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, 2018.

PMJ – Prefeitura Municipal de Joinville. Edital de chamada pública nº 001/2014. Joinville: 2014. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/public/edital/anexo/472ff106e9a7f7531de78a1d50540fb6.pdf>> Acesso em 03 Mai. 2019.

\_\_\_\_\_. Decreto nº19.778 de 12 de Novembro de 2012. Joinville. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/decreto/2012/1978/19778/decreto-n-19778-2012-aprova-o-projeto-de-parcelamento-do-loteamento-cubatao-ii-situado-na-estrada-manoel-possidonio-rosa-vila-cubatao>> Acesso em 03 Mai. 2019.

PORANGABA, G. F. O. TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. **Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte**. Curitiba: Revista Brasileira de Climatologia – UFPR, 2017.

ROMÉRO, M. A., & Reis, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Manole. 2012

ROMAGNOLI, A. **O programa “minha casa, minha vida”**: Continuidades, inovações e retrocessos. *Temas de Administração Pública*. Araraquara, v. 4, n. 7, p. 01-29. 2012. Disponível em: <<http://www.fclar.unesp.br/Home/Departamentos/AdministracaoPublica/RevistaTemaSdeAdministracaoPublica/artigoalexanderromagnoli.pdf>>. Acesso 13 de mar. de 2019.

SEQUINEL, M. **Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável - Joanesburgo**: entre o sonho e o possível. *Análise Conjuntural*, 2002.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A **Study of the Thermal Performance of Reflective Coatings**. *Solar Energy*, n. 8, 2006.

VIANA, K. R. C. **Estudo do sistema construtivo em alvenaria estrutural na cidade do Rio de Janeiro face aos conceitos e construção sustentável.** Dissertação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC RIO, Rio de Janeiro, 2013.

VOOGT, J.A.; OKE, T.R. **Thermal remote sensing of urban climates.** Remote Sensing of Environment, Oxford, v.86, 2003.

WERNECK, D. R. **Estratégias de mitigação das ilhas de calor urbanas:** estudo de caso em áreas comerciais em Brasília – DF. 2018. xv, 118 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

### **ANEXO A – ITENS DE APROVAÇÃO TIPOLOGIA 3**

Abaixo é listado alguns dos itens de projeto e localização utilizados pela Caixa, que são considerados na aprovação do empreendimento (CEF, 2009), sendo estes:

a) Porte do empreendimento

Número de unidades do empreendimento: módulos de até 500 unidades; condomínios fracionados em até 250 unidades.

b) Terreno e localização

Ocorrência de solo contaminado: solução de recuperação deve estar aprovada pelo órgão ambiental.

Ocorrência de área de proteção permanente (ambiental) ou de proteção do patrimônio histórico: deve haver licença para a intervenção.

Ocorrência de área com risco de erosão, recalque por adensamento de solo ou desmoronamento: deve ser apresentada solução técnica.

Ocorrência de terreno alagadiço, sujeito a inundação ou variação de marés: deve ser apresentada solução técnica considerando período de recorrência superior a 50 anos.

Serviços públicos: devem estar disponíveis transporte, iluminação, coleta de lixo.

Devem estar contemplados: abastecimento de água e energia, solução de esgotamento sanitário e drenagem pluvial.

c) Cota de implantação

Implantação da edificação: deve estar em cota favorável em relação ao logradouro e às redes de drenagem e esgoto sanitário.

Soleira de entrada da edificação: deve estar em cota superior ao terreno.

Deve existir solução de drenagem no fundo de lotes em declive.

d) Taludes, desníveis e contenções

Deve haver contenção de aterro para proteção de terreno contíguo.

Deve haver contenção de terreno contíguo em cota superior ao empreendimento.

Ocorrência de talude superior a 1,00m: prever contenção ou proteção vegetal, quando a situação permitir.

Ocorrência de talude com inclinação maior que 45° para aterro e 60° para corte: deve ser apresentada comprovação de estabilidade.

Ocorrência de talude com desnível maior que 3,00m: deve ser apresentada solução técnica com bermas, canaletas para drenagem e demais estruturas de estabilização.

Proximidade de talude: observar distância da edificação ao pé ou crista do talude maior que 1,50m ou menor que a altura do desnível existente.

Desníveis superiores a 1,50m próximos a circulações: prever guarda-corpo.

e) Pé-direito

Observar pé-direito superior a 2,20m para banheiros, cozinhas e circulações com forro rebaixado e garagens, 2,40m para demais ambientes.

f) Acessibilidade

Observar largura mínima de 0,80m para portas externas das unidades.

Observar regras de acessibilidade para áreas de uso comum, unidades habitacionais e garagens.

g) Privacidade

Prever forro nos banheiros.

Executar prolongamento da parede divisória em unidades geminadas até o encontro com o telhado, quando não existir laje/forro em toda a unidade.

h) Impermeabilidade

Prever impermeabilização entre as fundações e as alvenarias, evitando contato direto da edificação com o solo.

i) Cobertura

A cobertura deve contar com telhado ou laje impermeabilizada com manta.

j) Sustentabilidade

É obrigatória a utilização de madeira certificada ou proveniente de floresta com manejo controlado para empreendimentos.

k) Estacionamento

Declividade em áreas de estacionamento: deve ser inferior a 8%.

Prever vias e acessos internos pavimentados para veículos e pedestres.

Previsão de cobertura do solo: utilizar brita para vagas de estacionamento descoberto em áreas planas e outra solução adequada para terrenos com declividade.

l) Segurança

Fechamento de divisas: deve ser com muro ou alambrado com altura mínima de 1,80m.

Iluminação de áreas comuns: deve compor o projeto das áreas comuns.

## **ANEXO B – LEI Nº 7566, DE 20 DE NOVEMBRO DE 2013.**

AUTORIZA O EXECUTIVO MUNICIPAL A ALIENAR ÁREAS DE TERRAS, AO FUNDO DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL - FAR, COM SUBSÍDIO HABITACIONAL E DOAÇÃO ÀS FAMÍLIAS CADASTRADAS NA SECRETARIA DE HABITAÇÃO.

O Prefeito Municipal de Joinville, no exercício de suas atribuições, faz saber que a Câmara de Vereadores de Joinville aprovou e ele sanciona a presente Lei:

Art. 1º Fica o Executivo Municipal autorizado a alienar os imóveis localizados no Loteamento Cubatão II, na forma a seguir descrita:

I - Ao Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, regido pela Lei nº 10.188, de 12.02.2001, representado por seu gestor Caixa Econômica Federal, e os agentes financeiros oficiais responsáveis pela operacionalização do Programa Minha Casa Minha Vida, 108 lotes urbanizados no Loteamento Cubatão II pelo valor total de R\$ 2.160.000,00 (dois milhões cento e sessenta mil reais) para a construção de unidades habitacionais isoladas ou geminadas, para atendimento de famílias faixa 1 (atualmente com renda de até R\$ 1.600,00), cadastradas na Secretaria de Habitação do Município, e efetivamente classificadas no Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV.

Parágrafo Único. Os imóveis disponibilizados no inciso I, além das cotas com previsão legal para deficientes e idosos, deverão ser destinados preferencialmente para famílias que atendendo os critérios do programa, necessitem de relocação das regiões da Praia da Vigorelle, cabeceira da pista do aeroporto Lauro Carneiro de Loyola e aquelas com laudos de interdição emitidos pela Defesa Civil nos anos de 2008, 2009 e 2010 e que persistem na situação de risco.

**Art. 2º** Às famílias cadastradas na Secretaria de habitação, preferencialmente aquelas que foram selecionadas para o Programa de Subsídio

I - Lotes com Unidades Habitacionais.

a) Considerando os valores médios da Unidade Habitacional mais o terreno o valor atribuído a cada um dos 57 imóveis disponibilizados será de R\$ 54.000,00 (cinquenta e quatro mil reais) sendo concedido desconto de 60% deste valor para o financiamento pretendido no item I do art. 2º desta Lei, correspondente a R\$ 21.600,00 ( vinte e um mil e seiscentos reais) para cada imóvel.

II - Lotes Urbanizados

§ 1º Considerando os valores médios do lote urbanizado o valor atribuído a cada um dos 28 imóveis disponibilizados será de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) sendo concedido desconto de 55% (cinquenta e cinco por cento) deste valor para o financiamento pretendido no inciso II, do art. 2º desta Lei, correspondente a R\$ 9.000,00 (nove mil reais) para cada imóvel.

§ 2º Os financiamentos constantes dos incisos I e II seguirão no que couber o disposto na Lei 4.905/03 e suas alterações.

III - Às famílias ocupantes de imóveis confrontantes e atingidos pelo prolongamento da Rua Santa Maria Goretti e a interligação da Rua IV no Loteamento Cubatão II, na forma de doação, avaliados em R\$ 189.630,79 (cento e oitenta e nove mil seiscentos e trinta reais e setenta e nove centavos).

**Art. 3º** Os imóveis objeto da alienação contida no inciso I, do art. 1º, será realizada de acordo com a autorização contida nesta Lei, ficando automaticamente revogada, revertendo a propriedade do imóvel ao domínio pleno da municipalidade, se:

I - o imóvel for usado para fins distintos daquele determinado;

~~II - a construção das unidades habitacionais não iniciar em até 12 meses contados a partir da efetiva alienação, na forma desta Lei.~~

II - a construção das unidades habitacionais não iniciar em até 24 (vinte e quatro) meses contados a partir da efetiva alienação, na forma dessa lei. (Redação dada pela Lei nº 7876/2014)

**Art. 4º** Os imóveis objeto da alienação contida no inciso I, do art. 1º, ficarão isento do recolhimento dos tributos municipais em conformidade com o disposto na Lei Complementar Municipal nº 298, de 26 de junho de 2009.

**Art. 5º** Os depósitos dos valores constantes no inciso I, do art. 1º, e nos incisos I e II do art. 2º da presente Lei deverão ser efetuados até a ocasião da transferência, na conta nº 16-4, Agência 0419, da Caixa Econômica Federal, em nome do Município de Joinville - Fundo Municipal de Terras Habitação Popular e Saneamento.

**Art. 6º** Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Udo Döhler  
Prefeito Municipal

Fábio Alexandre Dalonso  
Secretário de Habitação

## ANEXO C- DADOS CLIMÁTICOS DE SIMULAÇÃO PARA JOINVILLE

Dados referente a Temperatura (°C) de Joinville-SC.

<b>Mês</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Média</b>
<b>Janeiro</b>	35.00	18.00	25.19
<b>Fevereiro</b>	34.00	20.00	26.15
<b>Março</b>	33.00	17.00	24.12
<b>Abril</b>	29.00	15.00	22.02
<b>Mai</b>	32.00	7.00	19.52
<b>Junho</b>	32.00	6.00	17.56
<b>Julho</b>	24.00	7.00	17.07
<b>Agosto</b>	33.00	9.00	17.79
<b>Setembro</b>	29.00	10.00	19.24
<b>Outubro</b>	33.00	15.00	21.13
<b>Novembro</b>	30.00	15.00	22.37
<b>Dezembro</b>	35.00	19.00	24.36

Fonte: *Software Domus* (2019).

Dados referente a Umidade (%) de Joinville-SC.

<b>Mês</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Média</b>
<b>Janeiro</b>	100.00	55.00	88.24
<b>Fevereiro</b>	100.00	50.00	85.07
<b>Março</b>	100.00	49.00	88.41
<b>Abril</b>	100.00	48.00	88.52
<b>Mai</b>	100.00	31.00	87.93
<b>Junho</b>	100.00	38.00	85.77
<b>Julho</b>	100.00	35.00	87.71

<b>Agosto</b>	100.00	32.00	84.69
<b>Setembro</b>	100.00	32.00	83.45
<b>Outubro</b>	100.00	34.00	86.16
<b>Novembro</b>	100.00	35.00	84.22
<b>Dezembro</b>	100.00	41.00	82.75

Fonte: *Software Domus* (2019).

Dados referente a Radiação Direta ( $W/m^2$ ) de Joinville-SC.

<b>Mês</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Média</b>
<b>Janeiro</b>	849.00	5.00	176.90
<b>Fevereiro</b>	836.00	2.00	175.41
<b>Março</b>	814.00	3.00	134.22
<b>Abril</b>	839.00	1.00	116.58
<b>Mai</b>	553.00	2.00	94.89
<b>Junho</b>	816.00	1.00	100.54
<b>Julho</b>	815.00	1.00	94.44
<b>Agosto</b>	812.00	1.00	129.63
<b>Setembro</b>	815.00	1.00	119.33
<b>Outubro</b>	652.00	1.00	129.62
<b>Novembro</b>	738.00	17.00	161.68
<b>Dezembro</b>	897.00	1.00	167.47

Fonte: *Software Domus* (2019).

Dados referente a Radiação Difusa ( $W/m^2$ ) de Joinville-SC.

<b>Mês</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Média</b>
<b>Janeiro</b>	523.00	19.00	139.38
<b>Fevereiro</b>	506.00	13.00	128.87
<b>Março</b>	520.00	1.00	118.84
<b>Abril</b>	445.00	1.00	85.15
<b>Mai</b>	379.00	1.00	80.13
<b>Junho</b>	312.00	9.00	58.95
<b>Julho</b>	363.00	1.00	64.17
<b>Agosto</b>	428.00	11.00	74.66
<b>Setembro</b>	483.00	2.00	110.61

<b>Outubro</b>	495.00	25.00	131.86
<b>Novembro</b>	519.00	1.00	141.36
<b>Dezembro</b>	577.00	1.00	129.63

Fonte: *Software Domus* (2019).

## AUTORIZAÇÃO

Nome do(a) autor(a): RUY HULDORICO SOUZA JUNIOR

RG: 5.216.106

Título da Dissertação: ANÁLISE COMPUTACIONAL DO CONFORTO  
TÉRMICO EM UNIDADES HABITACIONAIS DO PROGRAMA CASA  
POPULAR DO GOVERNO BRASILEIRO: PROPOSTA DE MELHORIAS  
APLICÁVEIS ÀS EDIFICAÇÕES

Autorizo a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, através da  
Biblioteca Universitária, disponibilizar cópias da dissertação de minha autoria.

Joinville, 22 de Novembro de 2019.

  
Assinatura do aluno