

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CAROLINE ALMEIDA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO: EDIFICAÇÕES DE CONJUNTOS
HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES DE ALEGRETE/RS**

**Alegrete
2018**

CAROLINE ALMEIDA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO: EDIFICAÇÕES DE CONJUNTOS
HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES DE ALEGRETE/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dra. Simone Dornelles Venquiaruto

Coorientador: Dr. José Wagner Maciel Kaehler

**Alegrete
2018**

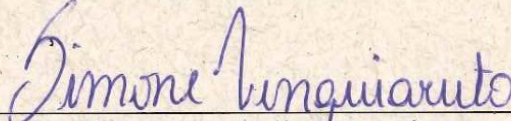
CAROLINE ALMEIDA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO: EDIFICAÇÕES DE CONJUNTOS
HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES DE ALEGRETE/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Engenharia
Civil.

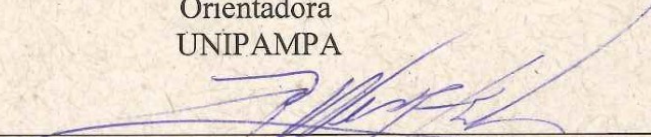
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de junho de 2018.

Banca examinadora:




Prof.^a Dra. Simone Dornelles Venquiaruto

Orientadora
UNIPAMPA



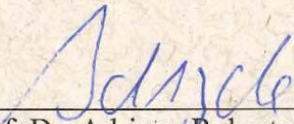
Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Coorientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos

UNIPAMPA



Prof. Dr. Adriano Roberto da Silva Carotenuto

UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus!

Às pessoas próximas de mim que sempre deram tudo o que tinham para me ajudar apoiando meus valores, e não querendo nada em troca.

Agradeço, também, ao Prof. Dr. Rogério Malta Branco que me iniciou na pesquisa não só como orientador na FURG, mas transmitiu a sua paixão pela ciência, realmente esperando que ela faça a diferença no planeta.

Quase sem palavras de agradecimento que cheguem a homenagear um terço do que o Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler representa para mim. Ele, tanto no GP-EIRE como sendo meu Coorientador, mostrou que eu e colegas podíamos ser cientistas/pessoas melhores, acreditando em nós e nos apoiando em tudo.

À Prof.^a Dra. Simone Dornelles Venquiaruto por ter aceitado me orientar confiando que o tema do meu trabalho fazia sentido, sempre empolgada, animada e feliz nos nossos encontros me fazendo sentir que havia atingido a sua expectativa.

À Mara de Oliveira da Junta Militar de Alegrete que se dispôs de maneira voluntária a ajudar com dados importantes desta pesquisa.

Ao Régis Amaral da Secretaria de Finanças de Alegrete que contribuiu com informações para este trabalho de forma ampla e sem cobrar nenhum valor.

Ao Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos que em suas aulas de TCC-I não só orientou quanto aos prazos e metas, mas foi além do seu papel de educador; incentivando, corrigindo, cobrando e idealizando nosso sonho de trabalho fazendo-o acontecer, sem ele não seria possível.

Aos colegas que sempre tinham um tempo para doar com muita; alegria, compreensão, carinho e incentivo nos momentos mais difíceis.

"Quero te conquistar e não te ganhar, pois o que se ganha, se perde e o que se conquista jamais se é tirado".

(Caderno de frases e Poesias Scarlet)

RESUMO

Diversos estudos, utilizados para o desenvolvimento de programas computacionais, consideram os materiais constituintes da fachada da edificação, bem como o uso final dos ambientes, atividades desenvolvidas e quantidade de usuários como parâmetros de análise. Eles têm sido cada vez mais comuns e buscam soluções de baixo impacto para o ambiente. Já o mercado da construção civil é impulsionado pela busca da economia de energia elétrica e financeira em uma construção, de forma que esta atenda as normas vigentes. Por isso, o principal objetivo deste trabalho é de avaliar as condições de conforto térmico (temperatura interna relativa à externa), baseado em simulações termoenergéticas, para edificações habitacionais multifamiliares constituídas de mais de um bloco em Alegrete/RS. Realizou-se um breve levantamento bibliográfico das formas de análise do desempenho térmico, em conjunto com a aplicação de um método para realizar simulações termoenergéticas, de forma a verificar os critérios de desempenho adotados pela norma ABNT NBR 15.575/2013. Como aplicação prática, efetuou-se uma pesquisa local e definiu-se os modelos de estudo de caso através de uma matriz de critérios elaborada pela autora. O desenvolvimento do modelo de edificação é adotado, por uma modelagem simplificada, no ambiente computacional com as seguintes ferramentas: Open Studio, plugin para Google SketchUp, e o EnergyPlus. Com posse dos resultados das simulações; o Residencial 10, edificação de alvenaria estrutural, apresentou um desempenho três vezes melhor no período de inverno do que no de verão, atendendo com qualidade a norma de desempenho; o Residencial 3, construção de concreto armado, atendeu os requisitos da norma e apresentou um melhor desempenho no período de verão; e o Residencial 11 foi reprovado pelos parâmetros normativos, pois em 48,3% dos cômodos analisados não atingiram os critérios mínimos. Este trabalho pode ser utilizado para outros tipos de análises, como as com equipamentos de geração de energia e sistemas de refrigeração, e as simulações ainda podem ser aprimoradas a fim de se obter modelos de referência ótimos.

Palavras-Chave: Simulação Termoenergética; EnergyPlus; Desempenho Térmico.

ABSTRACT

Several studies, used for developing computational programs, consider the materials constituting the frontage of the building, as well as the final use of the environments, activities developed and quantity of users as parameters of analysis. They have been increasingly used and are looking for low impact solutions for the environment. The construction market is driven by the search for savings in electric energy and expenses in a construction, so that it meets current standards. Whence, the main objective of this work is to evaluate the thermal comfort conditions (internal temperature matching to the external), based on simulations thermos energetic, for multifamily residential buildings made up of more than one block in Alegrete/RS. A brief bibliographic survey of the thermal performance analysis carried out, together with the application of a method to perform thermos energetic simulations in order to verify the performance test by ABNT NBR 15.575/2013. As a practical application, a local research carried out and the case study models defined through a matrix of criteria elaborated by the author. The development of the building model is adopted by a simplified modeling in the computational environment with the following tools: Open Studio, Google SketchUp plugin, and EnergyPlus. With ownership of the results of the simulations; the Residential 10, building of structural masonry, presented a performance three times better in the winter than in the summer, attending with quality the performance standard; the Residential 3, construction of reinforced concrete, met the requirements of the standard and presented a better performance in the summer period; and the Residential 11 was rejected by normative parameters, as in 48.3% of the analyzed rooms did not meet the minimum criteria. This work can be used for other types of analyzes, such as with power generation equipment and cooling systems, and simulations can still be improved in order to obtain optimal reference models.

Keywords: Thermo Energetic Simulation; EnergyPlus; Thermal Performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – PPD X PMV condição de conforto	35
Figura 2 – Carta Bioclimática de Santa Maria/RS	38
Figura 3 – Esquema dos Métodos Adotados	46
Figura 4 – Residencial 1	47
Figura 5 – Residencial 2	47
Figura 6 – Residencial 3	48
Figura 7 – Residencial 4	48
Figura 8 – Residencial 5	49
Figura 9 – Residencial 6	49
Figura 10 – Residencial 7	50
Figura 11 – Residencial 8	50
Figura 12 – Residencial 9	51
Figura 13 – Residencial 10	51
Figura 14 – Residencial 11	52
Figura 15 – Residencial 12	52
Figura 16 – Definição de uma Zona Térmica.....	57
Figura 17 – Processos de Balanço de Energia e Zona Térmica	58
Figura 18 – Planta de Situação e Localização, Residencial 10	66
Figura 19 – Planta de Situação e Localização, Residencial 3	67
Figura 20 – Planta de Situação e Localização, Residencial 11	68

Figura 21 – Zonas Térmicas, Residencial 10	69
Figura 22 – Zonas Térmicas, Residencial 3	70
Figura 23 – Zonas Térmicas, Residencial 11	71
Figura 24 – Modelo do Residencial 10	73
Figura 25 – Modelo com transparência do Residencial 10.....	73
Figura 26 – Modelo do Residencial 3	74
Figura 27 – Modelo com transparência do Residencial 3	74
Figura 28 – Modelo do Residencial 11	75
Figura 29 – Modelo com transparência do Residencial 11	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Calor Cedido ao Ambiente em Watts	34
Tabela 2 – Clima Típico para Alegrete/RS.	39
Tabela 3 – Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Verão	45
Tabela 4 – Critério de Avaliação de Desempenho Térmico para Condições de Inverno.....	45
Tabela 5 – Pontuação para o Critério ‘Ano de Entrega’	54
Tabela 6 – Informações Contidas em um Arquivo Climático	60
Tabela 7 – Obtenção do PPD Equivalente Através do PMV Obtido	63
Tabela 8 – Dados Gerais das Edificações.....	72
Tabela 9 – Características Construtivas das Edificações.....	77
Tabela 10 – Dados para a Configuração da Temperatura do Solo, Grifo Dados Usados	80
Tabela 11 – Resumo para Verificação no Solstício de Inverno, do Residencial 10.....	81
Tabela 12 – Resumo para Verificação no Solstício de Verão, do Residencial 10	82
Tabela 13 – Resumo para Verificação no Solstício de Inverno, do Residencial 3.....	83
Tabela 14 – Resumo para Verificação no Solstício de Verão, do Residencial 3	83
Tabela 15 – Resumo para Verificação no Solstício de Inverno, do Residencial 11	84
Tabela 16 – Resumo para Verificação no Solstício de Verão, do Residencial 11	85
Tabela 17 – Classificação Geral	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Rosa dos ventos de Alegrete/RS	32
Gráfico 2 – Gráfico auxiliar para verificar o PPD através do PMV obtido	64
Gráfico 3 – Temperaturas do Solo, Alegrete/RS	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos de Medição de Propriedades Térmicas de Materiais e Elementos Construtivos.....	44
Quadro 2 – Matriz de Critérios para Seleção das Edificações.....	55
Quadro 3 – Matriz de Critérios para Seleção das Edificações, Resultado Final	65

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASCII – *American Standard Code for Information Interchange*

BEN – Balanço Energético Nacional

BNH – Banco Nacional de Habitação

CEF – Caixa Econômica Federal

Cfa – Clima temperado úmido com Verão quente

CFD – Dinâmica de Flúidos Computacionais

CondFD – *Conduction Finite Difference*

Csa – Clima temperado úmido com Verão quente e seco

CTF – *Conduction Transfer Function*

EEE – Eficiência Energética em Edificações

EIV – Estudo do Impacto de Vizinhança

EMPD – *Effective Moisture Penetration Depth*

EP – EnergyPlus

EP Launch – Aplicativo EnergyPlus

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas

EPW – EnergyPlus *Weather Data*

ESA – Econômico, Social e Ambiental

EUA – Estados Unidos da América

GMT – *Greenwich Mean Time*

HVAC – *Heating, Ventilation and Air Conditioning*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia

IS – Impacto Social

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/UFSC

MME – Ministério de Minas e Energia

NBR – Normativa Brasileira Regulamentadora

NBSLD – *National Bureau of Standards Load Determination*

PBE-Edifica – Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações

PMV – Voto Médio Estimado

PPD – Percentual de Pessoas Insatisfeitas

Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética em Edificações

TBS – Temperatura de Bulbo Seco

TBU – Temperatura de Bulbo Úmido

TRY – *Thermal Reference Year*

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVOS	24
1.1.1 Objetivo Geral.....	24
1.1.2 Objetivos Específicos	24
1.2 JUSTIFICATIVA	25
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	27
2.2 CONFORTO AMBIENTAL	28
2.2.1 Variáveis Climáticas	28
2.2.1.1 Temperatura.....	29
2.2.1.2 Radiação.....	30
2.2.1.3 Vento	31
2.2.1.4 Umidade	32
2.2.2 Variáveis Humanas	32
2.2.2.1 Atividade Física	33
2.2.2.2 Vestimentas.....	34
2.3 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO – PMV	35
2.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	36
2.4.1 O Clima de Alegrete/RS	38
2.4.2 Breve Estudo da Arquitetura de Alegrete/RS	40
2.5 NÍVEIS DE DESEMPENHO TÉRMICO	41
2.5.1 Objetivos da Norma Brasileira de Desempenho	42
2.5.2 Métodos e Critérios para a Avaliação de Desempenho	42
2.5.3 Exigências para um bom Desempenho Térmico	44
3 METODOLOGIA	46
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CONDOMÍNIOS HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES DE ALEGRETE/RS	46
3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MODELO BASE	53
3.3 SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA NO MODELO BASE	55
3.3.1 Modelagem Computacional: Softwares Auxiliares.....	59
3.3.2 Dados iniciais	59
3.3.3 Dados de saída	61
3.3.4 Tratamento de Dados.....	61
3.4 AVALIAÇÃO DO MODELO BASE	61
3.4.1 Desempenho Atual	61
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA	63
4.1 OBTENÇÃO DO PMV	63
4.2 MODELOS BASE ELEITOS	64
4.3 SIMPLIFICAÇÕES PARA SIMULAÇÃO: MODELAGEM	65
4.3.1 Caracterização das Zonas de Trocas Térmicas.....	68
4.3.2 Dados Gerais das Edificações.....	72
4.3.2.1 Características Construtivas da Envoltória	76

4.3.2.2	Dados Gerais do Sistema de Iluminação	78
4.3.2.3	Dados Gerais de Cargas Internas de Equipamentos.....	78
4.3.2.4	Padrões de Uso (Ocupação, Iluminação e Equipamentos)	78
4.3.3	Taxas de Renovação de Ar.....	79
4.3.3.1	Condições Internas	79
4.3.3.2	Renovação de Ar	79
4.3.3.3	Infiltração	79
4.3.4	Temperatura do Solo.....	79
5	ANÁLISE DE RESULTADOS	81
5.1	DESEMPENHO ATUAL	81
5.1.1	Residencial 10.....	81
5.1.2	Residencial 3.....	82
5.1.3	Residencial 11.....	84
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
7	REFERÊNCIAS.....	88
7.1	SOFTWARES UTILIZADOS	92
	APÊNDICE A – ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA.....	94
	APÊNDICE B – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 10.....	96
	APÊNDICE C – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 3.....	100
	APÊNDICE D – RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 11.....	104
	APÊNDICE E – LEGENDA.....	114

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e com a redução de recursos não renováveis tem impulsionado nas últimas décadas uma busca crescente por edificações mais “sustentáveis”, que apresentem maior eficiência, economia e conforto térmico, acústico e luminoso para os seus habitantes.

O termo Eficiência Energética passou a ser conhecido após a crise do petróleo, na década de 70, que alavancou a indústria em busca de produtos, sistemas e materiais mais eficientes. Na mesma década surgiram as primeiras ferramentas computacionais para a simulação de edificações com intuito de melhorar a indústria da construção, também em busca da eficiência em seu processo e produto final.

Na década de 90, com a popularização dos computadores pessoais, e a melhoria na capacidade de processamento e memória, surgiram programas mais modernos e complexos, como: o ENERGYPLUS, o FLUENT, o CFX e o PHOENICS.

Sorgato, Melo e Lamberts (2014, p. 3) dizem que “em alguns países, como Estados Unidos e França, já haviam instituído seus regulamentos de desempenho térmico e energético antes de 1990 (FRANÇA, 1988; ASHRAE, 1989)”, mas o Brasil só iniciou com ações neste âmbito a partir de 2005 com o desenvolvimento da primeira norma de desempenho, NBR 15220 (ABNT, 2005) que estabelece critérios de desempenho para a diversidade no nosso país.

As ferramentas de simulação computacional tendem a ser cada vez mais importantes na rotina de arquitetos e engenheiros e a pressão por um desenvolvimento mais sustentável das edificações impulsionou o crescimento de softwares de simulação termoenergética nas últimas décadas (SANTOS et al., 2017, p. 3).

No caso de edificações artificialmente condicionadas, o projeto arquitetônico pode ter impacto significativo no consumo de eletricidade. Pedrini e Szokolay (2005) analisaram esse impacto por meio de simulação computacional do desempenho térmico e energético de edificações. Na análise energética de mais de 38.000 modelos de salas comerciais, constatou-se que até 70% de economia de energia poderia ser obtido com a definição adequada do desenho geométrico e com a escolha de materiais e componentes construtivos da edificação em função do clima.

Santos et al. (2017, p. 4) aproveitam das ferramentas computacionais na sala de aula e destacam a “[...] disseminação de diversos softwares de simulação termoenergética no mercado mundial, podendo ser citados: Green Building Studio (GBS), Ecotect, Project Vasari, VE-Pro,

Energy Plus, DOE2, TRNSYS e Design Builder”. Este trabalho utiliza a ferramenta Energy Plus evidenciando a sua conformação na contemporaneidade.

No âmbito do conforto térmico, diversos estudos (utilizados para a confecção de programas computacionais) levam em conta os materiais constituintes da fachada da edificação, bem como o uso final dos ambientes, atividades desenvolvidas e quantidade de usuários. Eles têm sido cada vez mais comuns e buscam soluções de baixo impacto para o ambiente.

O presente trabalho partiu do levantamento bibliográfico das formas da análise do desempenho térmico das edificações, através das simulações termoenergéticas e critérios de desempenho térmico como adota a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Realizou-se como aplicação prática, uma pesquisa local dos conjuntos habitacionais multifamiliares com mais de um bloco e definiu-se os modelos de estudo de caso realizando uma seleção através de uma matriz de critérios elaborada pela autora.

Prosseguiu-se no desenvolvimento do modelo de edificação, de maneira simplificada, no ambiente computacional com as seguintes ferramentas computacionais: Open Studio, plugin para Google SketchUp, na interface de simulação do EnergyPlus. Com os modelos definidos foi possível verificar o nível de conforto térmico dos ambientes e a necessidade de melhorias construtivas, em uma segunda etapa avaliou-se numericamente e financeiramente estas intervenções.

Na sequência são apresentados os objetivos deste trabalho e a justificativa da importância desta pesquisa.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as condições de conforto térmico (temperatura interna relativa à externa) para edificações habitacionais multifamiliares constituídas de mais de um bloco em Alegrete/RS baseado em simulações termoenergéticas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Aquisição de um banco de dados climáticos da região por um período de 10 anos, assim, caracterizando o ano climático da região (TRY - *Thermal Reference Year*);
- b) Identificação, caracterização e seleção das edificações habitacionais multifamiliares de Alegrete/RS;

- c) Modelagem computacional simplificada (Google SketchUp com *plugin* Open Studio) dos conjuntos habitacionais multifamiliares selecionados;
- d) Avaliação de desempenho térmico dos modelos selecionados, usando o aplicativo EnergyPlus, conforme critérios da norma ABNT NBR 15.575-1/2013.

1.2 Justificativa

Soluções para o crescente aumento no consumo de energia vêm sendo discutidas no mundo todo. Segundo o Banco Mundial, uma em cada sete pessoas no mundo não tem acesso à energia elétrica, particularmente na África e Ásia. Segundo o Censo 2010 do IBGE, o fornecimento de energia elétrica ainda não atinge 2.749.243 habitantes do País. Desse total, 396.294 pessoas estão nas cidades e 2.352.949 moram na zona rural. Em 2010, dos serviços prestados aos domicílios, a energia elétrica foi a que apresentou a maior cobertura (97,8%), principalmente nas áreas urbanas (99,1%), mas também com marcante presença na área rural (89,7%).

Fatos como estes tornam evidente a necessidade da ampliação da pesquisa no ramo da Eficiência Energética em Edificações (*Green Building* ou *Energy Efficiency Design*).

Nacionalmente tem-se matrizes energéticas na maioria limpa, porém, a escala de atendimento vem sendo cada vez mais crítica e a indústria sofre com os altos custos de fornecimento e contratação. Sabe-se que as edificações brasileiras consomem mais de 42% da energia gerada no país, e 18% é perdida na transmissão (as perdas são o terceiro maior consumidor de energia), restando apenas 34,4% para os setores da indústria e desenvolvimento¹.

O cuidado em operar com margens limites está ensinando gradativamente a população brasileira à importância da economia da eletricidade o que fomenta a busca por novas tecnologias econômicas e mais eficientes.

No setor da engenharia civil tem-se objetivado aprimorar e modernizar o campo para que novas formas de construir possam ser mais eficientes e econômicas, assim como, ambientalmente corretas. Conceituação esta descrita no livro “A Teoria do Equilíbrio – Alternativas para a Sustentabilidade na Construção Civil”, de Librelotto et alli (2012), no qual está apresentado o modelo de Desempenho ESA (Econômico, Social e Ambiental), disseminado no mundo inteiro na área da administração de empresas e, atualmente, trazido para os escritórios de engenharia.

¹ Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. MME/EPE, 2015.

Na verdade, o que impulsiona o mercado é a busca pela economia de energia elétrica e financeira em uma construção, de forma que esta atenda as normas vigentes brasileiras.

Segundo Gonçalves et al. (2015, p. 298) apud Santos et al. (2017, p. 3, grifo nosso) “a simulação computacional veio para **aprimorar o processo de projeto**, por meio da investigação mais criteriosa do impacto dos vários aspectos arquitetônicos e do programa de atividades no desempenho ambiental da edificação”.

Com a análise dos conjuntos habitacionais multifamiliares com mais de um bloco do município, por meio de simulações computacionais, será possível verificar o atendimento dos ambientes à norma brasileira de desempenho térmico, ABNT NBR 15575-1 (2013).

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

A revisão bibliográfica apresenta conceitos básicos de Eficiência Energética em Edificações, Conforto Ambiental e suas variáveis, Arquitetura Bioclimática e Critérios de Avaliação da ABNT NBR 15575/2013 em Simulações para Desempenho Térmico, assim como; uma breve introdução do uso das ferramentas computacionais, sendo que neste trabalho utiliza-se o programa EnergyPlus em análises de desempenho termoenergéticas.

2.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Partindo das definições acerca da eficiência energética nas edificações e as considerações acerca das grandezas e fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas. Os tópicos a seguir não têm a pretensão de esgotar o assunto, mas sim de elucidar os conceitos mais relacionados ao tema que motivam o trabalho.

Um bom projeto arquitetônico deveria incluir análises sobre seu desempenho energético, pois cada decisão tomada durante o processo de projeto influencia no desempenho térmico e luminoso do edifício. Para que o projeto tenha um bom desempenho, é importante que estas decisões sejam baseadas no conhecimento das variáveis e conceitos que envolvem a eficiência energética e o conforto ambiental [...]. Estes conceitos e análises devem incorporar-se naturalmente ao processo de projeto desde o programa de necessidades (LAMBERTS, 2000, p. 23).

A Eficiência Energética em Edificações (EEE) é um estudo que versa sobre a rentabilidade de um edifício, consumo, em relação a outro edifício que tenha a mesma proporção estrutural e de utilização. Esta rentabilidade está relacionada aos fatores que o envolvem deste o planejamento até a utilização.

Descreve-se os fatores envolvidos na EEE de níveis arquitetônicos, construtivo, econômicos e de uso final, visando sempre a redução do consumo energético, signifique ele elétrico, hidráulico, de matéria prima, logístico ou mão de obra. Segundo Geller (1991), ações de eficiência energética geram vários benefícios. Primeiramente, aumentar a eficiência diminui custos, uma vez que é mais barato economizar e redistribuir energia do que investir para produzir mais.

As raízes da Eficiência Energética em Edificações estão ligadas a Arquitetura Vernácula, esta buscava melhorar a interação das técnicas arquitetônicas com o meio ambiente e ser humano de forma que se complementavam.

2.2 CONFORTO AMBIENTAL

Sentir-se agradável em um determinado local é dependente das variáveis climáticas, humanas e ambientais; que podem proporcionar um nível de conforto para o ser humano. Sabendo que ele tem uma temperatura interna por volta dos 37°C. Sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior da sobrevivência humana (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Na visão de Frota e Schiffer (2001), o entendimento de todas estas variáveis facilita para que a edificação de estudo possa ser construída e planejada de acordo com o usuário que irá utilizá-la, para que ele tenha uma sensação de temperatura agradável no interior deste edifício. Ao proporcionar um ambiente confortável no qual esta pessoa fará um melhor aproveitamento nas suas atividades, sendo que, toda a energia produzida pelo seu organismo será para desenvolver este trabalho obtendo melhor rendimento.

O conhecimento do clima, aliado ao dos mecanismos de trocas de calor e do comportamento térmico dos materiais, permite uma consciente intervenção da arquitetura, incorporando os dados relativos ao meio ambiente externo de modo a aproveitar o que o clima apresenta de agradável e amenizar seus aspectos negativos (FROTA; SCHIFFER, 2001 p. 16).

Para tanto, é preciso conhecer melhor as variáveis envolvidas nos processos de trocas térmicas. A ASHRAE descreve o conforto térmico como sendo:

[...] um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente Conforto Térmico (ASHRAE, 2005, p. 2).

Com esta afirmação tem-se certo grau de subjetividade para estabelecer as condições de conforto, pressupondo a análise de dois tipos de aspectos: físicos (do ambiente térmico) e subjetivos (do estado de espírito do indivíduo).

2.2.1 Variáveis Climáticas

As variáveis climáticas estão presentes no ambiente externo da edificação e correspondem à temperatura do ar, a temperatura média radiante, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar. Fazem parte do clima da região, sendo uniformizadas por fatores topográficos, posição polar, estação do ano e relação marítima.

Os mecanismos termorreguladores e as vestimentas não são suficientes em condições de temperaturas extremas existentes em certos locais climáticos, para o ser humano. Assim, como forma de suprir esta necessidade utiliza-se de técnicas arquitetônicas e artificiais que, ao projetá-las, é preciso estudar a temperatura, a radiação solar, o vento e a umidade para que elas possam ser utilizadas de forma adequada, transformando-as em auxiliadoras da edificação.

2.2.1.1 Temperatura

A temperatura do ar é medida de acordo com a agitação térmica das moléculas sendo que, quanto maior a sua agitação maior a sua temperatura. Para descobrir uma temperatura utiliza-se de uma substância termométrica qualquer que varia seu volume ao sofrer a mudança de temperatura por meio de condução de calor, como o mercúrio, que é a substância mais utilizada nas escalas de medição térmica².

Frota e Schiffer (2001, p. 31) confirmam que “corpos que estejam a temperaturas diferentes trocam calor, os mais ‘quentes’ perdendo e os mais ‘frios’ ganhando, sendo que o calor envolvido é denominado calor sensível.” Pode-se entender que nestes casos a massa de ar mais aquecida é a que se move, por ser menos densa, em um determinado local, variando o calor de acordo com a radiação recebida, topografia, umidade e velocidade dos ventos, assim obtém-se a temperatura deste local.

Refere-se à temperatura do ar de um macro clima³ por meio de dados habituais de uma determinada região como; as normais climatologias e os anos climáticos (TRY⁴), que são medições padronizadas em certos períodos de tempo que dão parâmetros aceitáveis para que se possa levar em consideração a temperatura de determinada região, expressa em um período de 10 anos.

Na escala meso clima⁵ são exploradas as propriedades de inércia térmica da terra, que pode ser utilizada para o benefício do microclima⁶ adequando à edificação.

Após ser aquecida pelo sol, a terra retém o calor por muito mais tempo que uma habitação convencional. Esta característica é conhecida como inércia térmica. A terra

² Escalas térmicas são definidas através de dois pontos fixos, fusão e ebulição da água.

³ Clima de uma região relativa ao relevo e zona climática, em escala macro, como por exemplo; o zoneamento bioclimático brasileiro subdividido em 8 zonas.

⁴ *Thermal Year Reference* – médias de temperaturas máximas, mínimas e média; médias de umidade do bulbo seco, úmido e de precipitação ao longo dos meses do ano climático característico de um determinado local, com banco de amostragem mínima de 10 anos.

⁵ Clima característico de uma sub-região relativa a equivalência de relevo, ventos, culturas e densidade demográfica, em escala média.

⁶ Clima identificado dentro de edificações, florestas, próximos a fontes de água e etc., em escala micro.

ganha ou perde calor lentamente se submetida a temperaturas respectivamente mais altas ou mais baixas. O calor armazenado no solo pode ser útil em locais onde as noites são frias e os dias são quentes, ou seja, onde há grande amplitude diária de temperatura. [...] Esta solução pode ser bastante vantajosa nos climas desérticos (LAMBERTS, 2000, p.8).

2.2.1.2 Radiação

Segundo a definição de Frota e Schiffer (2001, p. 33), a radiação solar é “mecanismo de troca de calor entre dois corpos — que guardam entre si uma distância qualquer — através de sua capacidade de emitir e de absorver energia térmica”. A fonte de radiação na Terra é a sua estrela solar, o sol, que emite 970 trilhões de kWh de energia diariamente segundo o Dr. Aécio D’Silva, do TQLSystem⁷.

A radiação quando atinge a Terra é 6% difundida para o espaço pelo próprio ar, 20% é refletida pelas nuvens e 4% pela superfície do Globo. Deste modo, 30% da radiação perde-se para o espaço por estes processos. As nuvens absorvem 3% da radiação solar restante, em acordo que o vapor de água e as poeiras, outros componentes no ar retiram mais 16%. O resultado de todas as interferências atmosféricas garante que apenas 51% da radiação solar incidente atinja a superfície do Globo. Esta quantidade é apenas uma média e varia em diferentes pontos do planeta, pois, a Terra é esférica, e as regiões tropicais são atingidas por três vezes mais radiação solar que as regiões polares.

Lamberts (2014) relaciona as estações do ano com a inclinação da Terra, inclinação que disponibiliza maior ou menor recepção da radiação solar ao longo do ano.

No movimento de translação, a Terra percorre sua trajetória elíptica em um plano inclinado de 23°27' em relação ao plano do equador. É este ângulo que define a posição dos trópicos e isto faz com que os dois hemisférios terrestres recebam quantidades de radiação solar ao longo do ano, caracterizando as estações pelos solstícios de verão e de inverno e pelos equinócios de primavera e de outono (LAMBERTS, 2014, p. 29).

A carta solar é a forma mais conhecida de saber a localização do sol em determinado período do ano. O que facilita encontrar o fator solar para saber a radiação que incidirá no local e qual a iluminação que este local vai ter em diferentes períodos anuais. Por isso a radiação solar é o fator mais importante na construção, pois ela define o ganho de calor que haverá e o quanto iluminará dentro desta edificação.

⁷ Programa Global de Tecnologia, Produção Integrada de Alimentos-Energia, *Total Quality Leadership Systems*.

2.2.1.3 Vento

Vento é uma característica que é ocasionada pela movimentação das massas atmosféricas no aquecimento ou resfriamento da terra e mar, pela mudança de temperatura na terra e pelo movimento de rotação da mesma. Os ventos podem ser facilmente modificados por deformações na topografia e obstáculos que possam encontrar.

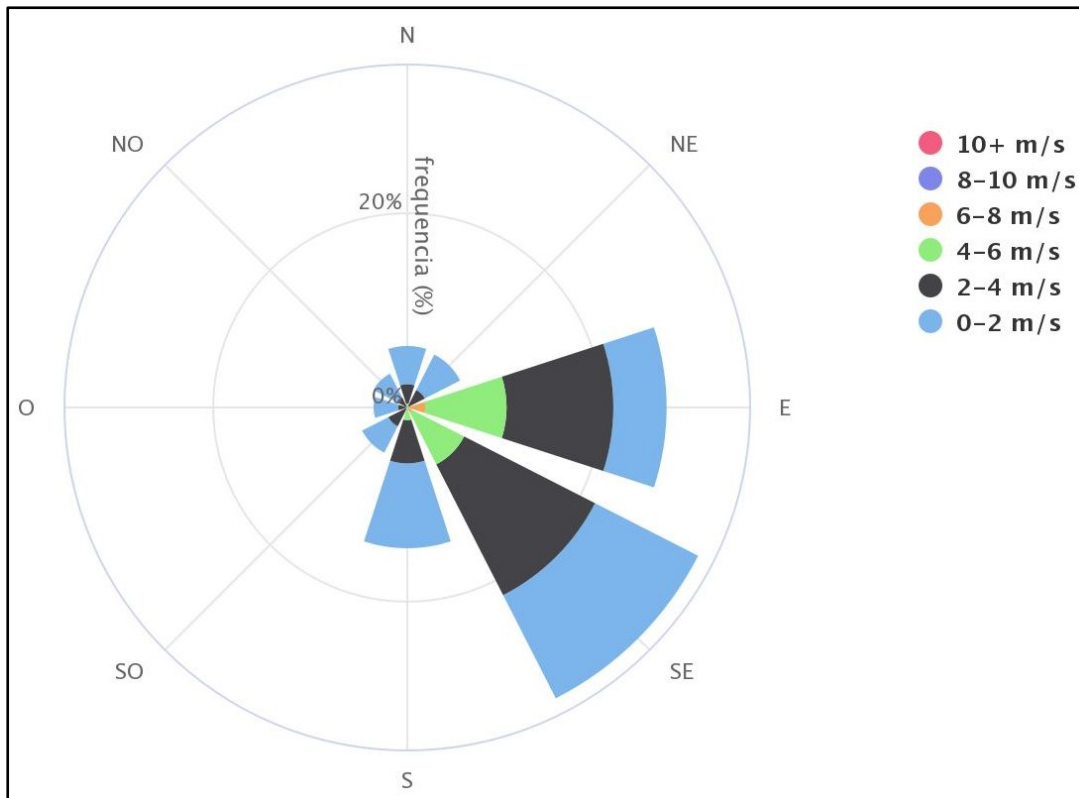
Como resultado têm-se três cintos globais de ventos em cada hemisfério: os alísios, os de oeste e os polares, [...]. Os ventos alísios, que são os mais importantes para o Brasil, são originários nas regiões subtropicais de alta pressão, nos dois hemisférios situados entre 30° e 35° de latitude, dirigindo-se para SO no hemisfério norte e NO no hemisfério sul, formando o cinto de calmas equatoriais de baixa pressão, ao longo do Equador (FROTA; SCHIFFER, 2001 p. 63).

Também explicam Frota e Schiffer (2001) que os ventos de oeste se originam nas regiões subtropicais e se deslocam nas regiões subárticas de baixa pressão. Já os ventos polares, como o nome diz, se originam nas regiões polares movimentando-se nesta mesma direção. Em geral, estes ventos sofrem a influência da topografia local e das diferenças de temperaturas.

Analisando o diagrama dos ventos é possível ver a sua comum movimentação como descreveram Frota e Schiffer (2001). Assim como utilizar a ‘rosa-dos-ventos’ é poder conhecer a ocorrência dos ventos e a sua velocidade, Lamberts (2014, p. 34) acrescenta que “este instrumento pode auxiliar o projetista na colocação de aberturas, de forma a aproveitar o vento fresco no período quente e evitar o vento forte no período frio.” Mas pode compreender que estes diagramas são falíveis, pois os ventos sofrem grandes modificações em questões locais, pela topografia e barreiras que ele possa encontrar como, edificações.

No Gráfico 1 é apresentado a Rosa dos Ventos que a plataforma Projeteec cria para a cidade de Alegrete/RS referentes aos arquivos climáticos do INMET 2016. Uma simulação de ocorrência de ventos em determinados períodos do ano e velocidade predominante por direção deles, sendo possível prever esta variável ambiental neste local, como é demonstrado.

Gráfico 1 –Rosa dos ventos de Alegrete/RS



Fonte: INMET (2016 apud Projetece, 2018; não paginado)

2.2.1.4 Umidade

A umidade relativa é dada em percentil e entende-se como sendo a relação da umidade absoluta com a capacidade do ar reter vapor d'água em uma determinada temperatura, então, a umidade absoluta pode ser medida em peso do vapor de água por um metro cúbico de ar (g/m^3). Frota e Schiffer (2001, p. 62) dizem que: “Isto equivale a dizer que a umidade relativa é uma porcentagem da umidade absoluta de saturação”.

A umidade do ar pode ser utilizada para processo de umidificação e desumidificação em um ambiente de forma a torná-lo mais agradável. Pode-se fazer esse processo de umidificação com a utilização de vegetação e água nas proximidades da edificação e desumidificar com a ventilação adequada.

2.2.2 Variáveis Humanas

O corpo humano funciona, em termos amenos, como uma bomba de calor. Mediante a ingestão de alimentos (aqui vistos como combustíveis orgânicos) as células humanas, com o uso do oxigênio, promovem a queima das calorias produzindo energia, chamado metabolismo,

para manter a temperatura interna humana aproximadamente à 37°C. Quando esta temperatura é mantida facilmente, diz-se que este indivíduo está no nível de conforto térmico, pois ele não exerce nenhum trabalho adicional para manter-se aquecido, as trocas térmicas com o meio ocorrem de maneira simples.

Outrossim, quando há necessidade de produção de mais calor, em caso de baixas temperaturas, o ser humano ativa os mecanismos termorreguladores para a presença do frio. Nesta situação é necessário que as trocas térmicas do ser humano com o ambiente diminuam, e para tanto se observa a atuação do mecanismo regulador provocando a vaso contração periférica⁸, diminuindo a perda de calor por convecção e radiação. Após este mecanismo ativado o próximo é o “arrepio”. O arrepio nada mais é que o aumento da rugosidade da pele e um movimento muscular no qual aquece a pele por atrito. E caso ainda não haja o equilíbrio térmico há o aumento de trabalho do metabolismo de 30% até 100%, segundo Lamberts (2014).

Quando na sensação de calor, os mecanismos termorreguladores ativados são, a saber: a vaso dilatação periférica (capacidade de a pele aumentar sua temperatura) que funciona de forma inversa a vaso contração periférica, pois esta incrementa as trocas por convecção e radiação; o suor, que produz água no interior dos poros para a evaporação dela; e, por fim, a redução automática do metabolismo diminuindo a produção de calor.

Frota e Schiffer (2001) diferenciam as trocas térmicas como “trocas secas — condução, convecção e radiação — e as trocas úmidas — evaporação”. O calor sensível é exatamente o calor que o organismo humano perde para o meio por trocas secas, já o latente é por meio das trocas úmidas.

Ainda podem-se definir outras variáveis humanas relacionadas à Atividade Física e Vestimenta, assinaladas nos itens 2.2.2.1 e 2.2.2.2.

2.2.2.1 Atividade Física

Quando em atividade física, o metabolismo do corpo humano trabalha de forma mais acelerada e assim, produzindo mais calor. Este calor, a ser dissipado pelo ambiente por meio de trocas secas e úmidas, tem que ser levado em consideração nos cálculos arquitetônicos, pois cada tipo de atividade exigirá uma temperatura de conforto térmico diferenciado.

⁸ É a redução do tamanho dos vasos capilares mais próximos da pele e na parte mais próxima aos órgãos internos há dilatação.

Para uma análise clara destas diferenças, observa-se na Tabela 1 a quantidade de calor cedido ao ambiente, em Watts, para diferentes atividades do ser humano. Objetiva-se, com esta exposição, permitir melhor compreensão da temperatura ideal do ar para este indivíduo, neste ambiente em que se encontra.

Tabela 1 – Calor Cedido ao Ambiente em Watts

Atividade	Calor Meta-bólico*	Calor Sensível**	Calor Latente***
Durante o sono (basal)	80	40	40
Sentado, em repouso	115	63	52
Em pé, em repouso	120	63	57
Sentado, cosendo à mão	130	65	65
Escritório (atividade moderada)	140	65	75
Em pé, trabalho leve	145	65	80
Datilografando rápido	160	65	95
Lavando pratos	175	65	110
Confeccionando calçados	190	65	125
Andando	220	75	145
Trabalho leve, em bancada	255	80	175
Garçom	290	95	195
Descendo escada	420	140	280
Serrando madeira	520	175	345
Subindo escada	1280	-	-

*O calor produzido pelo metabolismo humano. **O calor que eleva a temperatura. ***É uma grandeza física relacionada à quantidade de calor que uma unidade de massa de determinada substância deve receber ou ceder para mudar de fase, ou seja, passe do sólido para o líquido, do líquido para o gasoso e vice-versa.

Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer (2001, anexo 1, p. 176)

2.2.2.2 Vestimentas

Frota e Schiffer (2001) dizem que “a vestimenta adequada será função da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade a ser desenvolvida pelo indivíduo.” Tendo isto como base pode se referir a vestimenta adequada também sabendo que ela é medida em ‘clo’, que vem de *clothing* na língua inglesa que significa vestuário, e equivale a $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ (metros quadrados graus por watt). A resistência térmica da vestimenta (‘clo’) varia de acordo com o tecido, fibra, tamanho e parte coberta.

Apenas com intuito elucidativo, um terno é equivale a 1clo (um ‘clo’) de resistência térmica. Neste caso, o indivíduo diminui as trocas secas com o ambiente, pois as trocas serão através da roupa e não diretamente com a pele. Assim sabe-se que quando se está referindo a

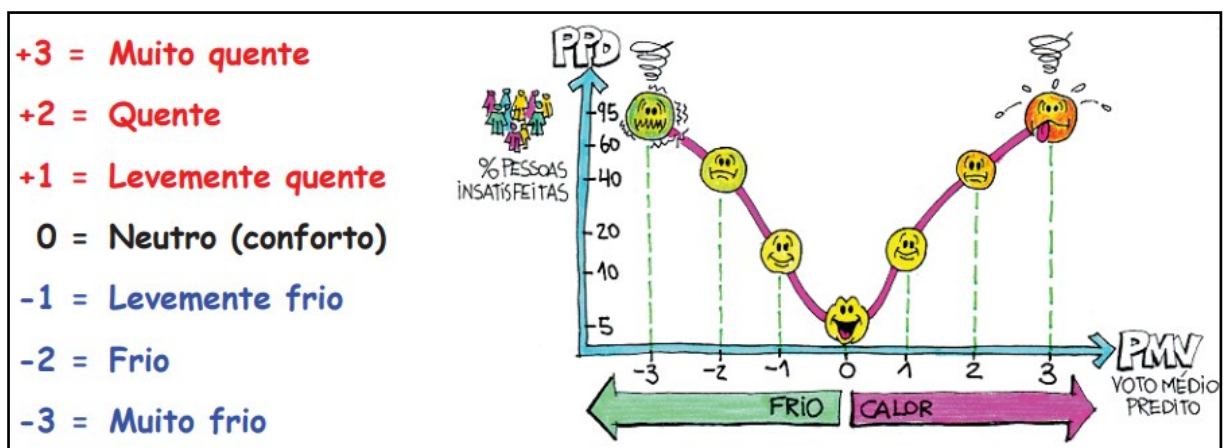
um ambiente quente e seco é possível manter um microclima mais agradável utilizando a vestimenta adequada que mantenha uma camada de ar mais úmida provida do suor que evaporará mais lentamente nesse interior.

Lamberts (2000, p. 8) diz que “a vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar”. Assim, os cálculos para determinar a resistência térmica e para conhecer a temperatura do ar adequada devem considerar que esta pessoa de estudo esteja em condições saudáveis e com as vestimentas adequadas, ainda deve-se levar em consideração a sua atividade exercida, em acordo com o local a ser inserido. Será, em geral, o estudo aprontado do ser humano a ser inserido no ambiente de forma que ele se torne termicamente o mais confortável possível.

2.3 ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO – PMV

Avaliando pessoas de diferentes nacionalidades, sexo e idade, Fanger (1997), apud Lamberts, Dutra e Pereira (2014) obteve o ‘Voto Médio Predito’ que determina a sensibilidade humana nas diferentes condições ambientais. Ele também relacionou o voto médio predito (PMV) para obter a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD), assim como mostra a Figura 1. E “a norma ISO 7730 de 1984 adotou as pesquisas de Fanger, recomendando que, para espaço de ocupação humana termicamente moderados, o PPD deve ser menor que 10% [...]” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014, p. 43).

Figura 1 - PPD X PMV condição de conforto



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 66)

A performance de um ambiente pode ser medida conforme Fanger idealizou em 1997, sendo que o valor numérico zero equivale a dizer que a pessoa está em sensação de conforto

térmico, sendo que para o frio é uma faixa negativa e para o calor positiva. E é considerado um índice de **conforto aceitável** um ambiente que esteja dentro das seguintes faixas de PMV:

$$-0,5 < PMV < +0,5$$

O PMV é um índice (empírico) que prevê o valor médio de um grande grupo de pessoas, segundo a escala de sensações de sete pontos. É determinado quando a Atividade e as Vestimentas são conhecidas e os parâmetros físicos são medidos (temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do vento e umidade relativa).

O índice PPD, estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente. E pode ser obtido através da Equação 1, proposta pela ISO 7730 (2005).

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-[0,03353.PMV^4 + 0,2179.PMV^2]} \quad \dots (1)$$

2.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A umidade, o vento, a radiação e a temperatura são variáveis ambientais nas quais se inter-relacionam com a sensação de conforto do ser humano, onde podem ser facilmente utilizadas para a concepção de uma edificação eficiente. Logo, a relação do ambiente externo com o interno de forma sustentável define o conceito de Arquitetura Bioclimática, que também pode ser expresso como uma forma da racionalização construtiva onde integra a edificação com o meio.

Fanger (1997), apud Lamberts, Dutra e Pereira (2014), também considera todas as variáveis térmicas para prever a sensibilidade humana em adversas condições climáticas para saber os níveis variáveis. Sabendo que:

As condições de conforto térmico são função, portanto, de uma série de variáveis. Para avaliar tais condições, o indivíduo deve estar apropriadamente vestido e sem problemas de saúde ou de aclimatação. É certo que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 23).

Deve-se estudar a bioclimatologia para o local onde será executado o projeto, somente assim será possível enquadrá-lo de forma integrada com a natureza.

Bogo et al. (1994, p. 75) realizaram um estudo dos métodos bioclimáticos descritos por Givoni (1992), Olgyay (1968), Szokolay (1987) e Watson e Labs (1983) a fim de encontrar a teoria que melhor se adaptava as condições de clima brasileiro. Neste estudo definiram que o

método de Givoni em 1992 para países em desenvolvimento foi o que obteve os melhores índices de conforto.

Givone (1992), apud Bogo et al. (1994, p. 38-50), propõem uma carta bioclimática construída sobre um diagrama psicométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo estas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, é possível obter indicações essenciais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no modelo da edificação.

A intervenção na edificação se dá por meio de oito estratégias bioclimáticas e uma zona de conforto (em parênteses como mostra na Figura 3), sendo elas passivas ou ativas, descritas nas alíneas:

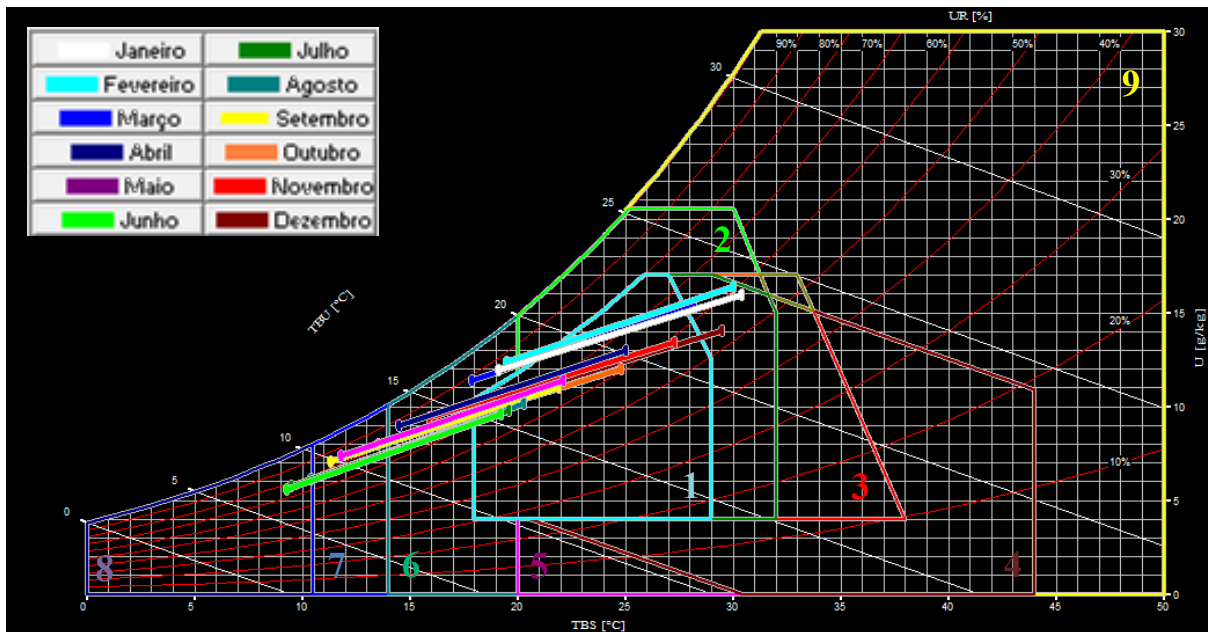
- a) zona de conforto térmico (1);
- b) de ventilação natural (2);
- c) de inércia térmica para resfriamento (3);
- d) de resfriamento evaporativo (4);
- e) de umidificação (5);
- f) de inércia térmica para aquecimento (6);
- g) de aquecimento solar (7);
- h) de aquecimento artificial (8); e
- i) zona de refrigeração artificial (9).

A metodologia com a Carta Psicométrica⁹ sobrepondo as características Bioclimáticas do local é utilizada pela norma de desempenho, a fim de se obter os parâmetros máximos e mínimos aceitáveis de temperatura interna à edificação, em uma determinada região do zoneamento bioclimático brasileiro.

Na Figura 2 apresenta-se a Carta Bioclimática Brasileira com as Normais Climatológicas da cidade de Santa Maria/RS, latitude 29,42° sul, longitude -53,42° oeste e altitude a 95 metros. Também é possível visualizar uma grande zona de conforto térmico (1) nos limites de temperatura de bulbo seco (TBS) entre 18°C e 29°C e umidade relativa entre 20 e 80% onde a cidade exemplo está 58% do tempo ao longo do ano.

⁹ Um gráfico psicométrico representa graficamente as propriedades termodinâmicas do ar úmido (ASHRAE, 2005, p. 109) e usa estas propriedades para analisar as condições e processos envolvendo estas relações.

Figura 2 - Carta Bioclimática de Santa Maria/RS



Fonte: Adaptado de LABEEE (2009a, não paginado)

2.4.1 O Clima de Alegrete/RS

Alegrete está na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, sendo o maior município em extensão de terras do estado¹⁰, a 491 km da capital Porto Alegre. Uma região de tipo climático “Cfa¹¹”, subtropical com temperaturas médias do mês, maiores que 18°C e com ocorrências de precipitação significativa ao longo de todos os meses do ano, de acordo com a classificação Köppen¹². Há a formação de geadas, eventualmente, entre maio e setembro (Adaptado de UNIPAMPA, 2017, não paginado).

A paisagem caracteriza-se como o estepe gramíneo-lenhosa (campo nativo) e floresta estacional decidual aluvial (mata ciliar). A fisionomia é de extensas planícies de campo limpo com algumas ondulações e raros morros residuais de arenito silicificado. O município está totalmente sobre o aquífero Guarani e seu lençol freático apresenta água levemente alcalina, utilizável sem restrições para o uso humano e para a irrigação (PANNO, 2017, p. 12).

¹⁰ Afirmação retirada do sítio da UNIPAMPA – *campus* Alegrete, página de descrição da cidade.

¹¹ Clima temperado úmido com Verão quente.

¹² É um sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada mundialmente. Esta classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, e foi aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger e ele, então dá-se o nome de classificação climática de Köppen-Geiger (ALCHIMISTA e outros, 2017?).

Localizada na latitude 29°46'59" Sul e longitude 55°47'31" Oeste, tendo um fuso horário (GMT) de -3 horas, a 121 metros acima do nível do mar com uma pressão padrão de elevação de 99,88 kPa.

Alegrete pode ser caracterizada conforme o arquivo climático de referência utilizado neste trabalho, EPW¹³ versão de 16 de janeiro de 2015 com dados estatísticos retirados da estação 869750 do INMET que são do período de 2001 a 2010. O ano típico de referência (TRY) selecionado para a série foi o de 2008.

Há uma divergência encontrada do arquivo EPW e a classificação de Köppen original para o tipo climático encontrado no período TRY selecionado, que foi dado como "Csa¹⁴", a letra 's' em vez de 'f' indica clima de estepes em vez de clima úmido, indicativo para formação vegetal de planícies com poucas árvores. Considera-se aceitável utilizar este arquivo já que ele é derivado algoritmicamente dos dados meteorológicos da origem e estamos na região da campanha gaúcha onde há muito campo.

A Tabela 2 apresenta um resumo do período de clima típico extremo e médio para Alegrete/RS, segundo o EPW com TRY de 2008.

Tabela 2 – Clima Típico para Alegrete/RS.

	Solstício de Verão	Equinócio de Outono	Solstício de Inverno	Equinócio de Primavera
Período do Ano	Novembro - Janeiro	Fevereiro - Abril	Maio - Julho	Agosto - Outubro
Semana Extrema	4 a 10 de janeiro	-	12 a 18 de junho	-
Temperatura Extrema	37,70 °C	-	1,10 °C	-
Desvio Padrão Temp. Extrema	10,70 °C	-	9,32 °C	-
Semana Típica	6 a 12 de dezembro	todas	1º a 7 de maio	Todas
Temperatura Média	24,19 °C	21,96 °C	14,22 °C	16,34 °C
Desvio Padrão Temp. Média	0,21 °C	0,59 °C	0,20 °C	0,07 °C

Fonte: Elaboração Própria

¹³ Nome do arquivo climático, EPW – Energyplus *Weather Data*.

¹⁴ Clima temperado úmido com Verão quente e seco.

2.4.2 Breve Estudo da Arquitetura de Alegrete/RS

O centro urbano antigo situa-se nas cotas de 90 a 100 m, numa área com declividade de até 5%. Copstein (1980, p. 15) diz que o povoado do Alegrete se iniciou em 1811 às margens do rio Inhanduí, mas em 1816 a aldeia foi arrasada pelos soldados de Artigas e a nova povoação foi instalada à margem esquerda do rio Ibirapuitã, no ano seguinte.

O município foi criado em 25/10/1831, elevada à categoria de cidade em 22/01/1857, segundo Copstein (1980, p. 17).

O traçado urbano conserva o xadrez que é uma das marcas das cidades luso-rio-grandenses, este traçado consiste em uma praça com casas ao redor, ficando a igreja no local mais alto do terreno quanto possível, um costume medieval (mas colocava ao invés do castelo a igreja).

Medeiros descreve a fisionomia das residências do Alegrete na década de 60, citado nos parágrafos:

São casas de estancieiros. A frente alta e esculpurada, com sacadas, e a porta principal proporcionada e com degraus, muitas vezes de mármore. O piso da casa está a 50 cm do solo ou a mais de 1 metro. Este desnível é a expressão do status social do proprietário. Algumas vezes, as mais antigas, meados e fim do século passado são revestidas com azulejos franceses de cor marrom. De quando em vez, essas casas são sobrados. [...] Outros traços da paisagem urbana são constituídos pela casinha tradicional de gente pobre, de porta e janela, sem expressar recursos econômicos nem estéticos (MEDEIROS, 1964, p. 80).

Medeiros (1964, p. 81) ainda cita que estas casas tradicionais na sua maioria eram de madeira com telhas de barro. Nas conclusões do Boletim Gaúcho de Geografia Copstein (1980, p. 25) afirma que quanto as técnicas construtivas da época o material empregado poderia ser classificado em três tipos: “mais de 50% da área construída em alvenaria, mais de 50% da área construída em madeira, quarteirões com prédios em madeira, alvenaria e mistos”.

Sabe-se que a arquitetura vernácula do município veio da origem Portuguesa com herança Romana constitui casas com paredes espessas de grandes vãos de portas e janelas, algumas com pequenas sacadas, bem ventiladas por terem aberturas em quase todas as fachadas, de telhado alto e bem fechado e com piso na sua maioria cerâmico.

Ainda pode-se afirmar que os primeiros edifícios de múltiplos andares instalados na cidade datam 1979 com os conjuntos habitacionais de contrato BNH-RS/62 construídos pela

Cooperativa Habitacional Oswaldo Aranha Ltda (informação verbal)¹⁵. Tem como principal característica a estrutura de alvenaria, não-armada, com esquadrias simples em madeira ou metálicas, cobertura de laje em alvenaria e concreto impermeabilizado, e de piso cerâmico ou com tacos de madeira (parque).

Após temos o Conjunto Habitacional Barão do Cerro Largo, também com incentivos do Banco Nacional de Habitação – BNH, em parceria com a CEF, que datam a sua primeira carta de habite-se em 1991 tendo o mesmo tipo de estrutura do anterior, alterando a cobertura por uma ventilada com telhas cerâmicas e platibanda.

Ainda pode-se relatar outro tipo de condomínio residencial, sabe-se que foi construído antes de 1990 (informação verbal)¹⁶, situado na Rua General Vitorino que é constituído de estrutura em alvenaria com esquadrias metálicas e persianas externas embutidas nas mesmas, de PVC. E estrutura de telhado é leve com Aluzinco sem laje na cobertura.

Tentou-se elucidar as principais construções do município e sua característica histórica. Sabe-se que este trabalho relata uma breve revisão na literatura, tendo muito mais a se explorar sobre este assunto.

2.5 NÍVEIS DE DESEMPENHO TÉRMICO

A ABNT NBR 15575/2013 estabelece os requisitos gerais para a avaliação do desempenho das edificações de até cinco pavimentos. Divide-se em seis partes que vão do desempenho geral às partes específicas do edifício.

Preocupada com o estabelecimento de requisitos para avaliação do desempenho habitacional, a Caixa Econômica Federal, considerada um dos maiores agentes financeiros de habitações, lançou em 18 de dezembro de 2000, orientações gerais para a “Análise da Garantia de Desempenho de Construções não Convencionais ou Inovadoras” (LIBRELOTTO et al., 2012, p. 314)

E com a publicação da normativa de Desempenho, que entrou em vigor em Julho de 2013, a CEF adotou, também, estes parâmetros de avaliação, exigindo os seguintes itens:

- a) projeto completo da tipologia proposta juntamente com as especificações técnicas, orçamento discriminado, físico-financeiro e manual de montagem;
- b) ficha informativa da inovação, especificações técnicas e laudos, se forem o caso;

¹⁵ Informação de Mara Oliveira, funcionária da Junta Militar do Alegrete, moradora do Residencial 3 que coletou informações com seus vizinhos mais antigos e da documentação do condomínio.

¹⁶ Informação fornecida por Régis Amaral, funcionário da Secretária de Finanças da Prefeitura Municipal do Alegrete, na busca por cartas Habite-se de todos os moradores do condomínio.

- c) ensaios tecnológicos (segurança estrutural, segurança ao fogo, durabilidade e manutenção, **conforto térmico**, conforto acústico e estanqueidade);
- d) relatório descritivo do processo de controle de qualidade do produto;
- e) especificações do fabricante sobre transporte, estocagem, manuseio, utilização e manutenção do produto, componente ou sistema;
- f) plano de controle tecnológico e plano de monitoramento da fase de produção;
- g) termo de compromisso de execução; e
- h) manual do usuário, conforme ABNT NBR 14.037/98.

Cabe destacar que este trabalho foi elaborado tendo como base todos os requisitos citados anteriormente.

2.5.1 Objetivos da Norma Brasileira de Desempenho

“A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento” como descreve a ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 3). As normas de desempenho também são consideradas complementares as normas prescritivas, sem substituí-las.

Seu principal objetivo é: “[...] de um lado incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas” (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 3).

2.5.2 Métodos e Critérios para a Avaliação de Desempenho

A lista de exigências dos usuários definida pela norma ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 11), são:

- a) Quanto à segurança
 - Segurança Estrutural;
 - Segurança Contra Fogo;
 - Segurança no Uso e Operação.
- b) Quanto à habitabilidade
 - Estanqueidade;
 - Desempenho Térmico;
 - Desempenho Acústico;
 - Desempenho Lumínico;
 - Saúde, Higiene e Qualidade do Ar;
 - Funcionalidades e Acessibilidade;
 - Conforto Tátil e Antropodinâmico.

- c) Quanto à Sustentabilidade
 - Durabilidade;
 - Manutenibilidade;
 - Impacto Ambiental.

“Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia, são estabelecidos para os diferentes sistemas **requisitos mínimos de desempenho (M)** que devem ser considerados e atendidos.” segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 11, grifo nosso), portanto, assim será estabelecido neste trabalho.

A definição do dia típico de verão, pela NBR 15575-1 (2013, p. 7), dá-se como “[...] um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos”.

Na definição do dia típico de inverno que é novamente caracterizado pelas mesmas variáveis do dia típico de verão, porém, para o dia mais frio do ano segundo o mesmo período dos últimos 10 anos (TRY).

“Os métodos de avaliação [...] consideram a realização de ensaios laboratoriais, ensaios de tipo, ensaios de campo, inspeções em protótipos ou em campo, **simulações** e análise de projetos” segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 13, grifo nosso). Para a avaliação do desempenho térmico são permissíveis dois tipos de procedimento.

O procedimento 1 é simplificado e normativo que diz que para o

[...] atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo **método da simulação computacional** conforme o item 11.2 (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 19, grifo nosso).

Já o procedimento 2 é o de Medição que permite realizar a avaliação em edificações ou protótipos construídos, mas diz que este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe ao primeiro.

Destaca-se ainda que

para a realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa EnergyPlus. Outros programas de simulação poderão ser utilizados, desde que permitam a determinação do comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica e sejam validados pela ASHRAE Standard 140 (ABNT NBR 15575-1, 2013, p. 20).

Para a geometria do modelo de simulação deve ser considerada a habitação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica. Na composição de materiais para a simulação devem ser utilizados dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes construtivos, de forma que possam:

- a) ser obtidos em laboratório, por meio de método de ensaio normalizado (apresentado no Quadro 1); ou
- b) na ausência destes dados ou na impossibilidade de obtê-los junto aos fabricantes, é permitido utilizar os dados disponibilizados ABNT NBR 15220-2/2005 como referência.

Quadro 1 – Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos

PROPRIEDADE	DETERMINAÇÃO
Condutividade Térmica	ASTM C 518 ou ASTM C 177 ou ISO 830
Calor Específico	Medição ASTM C 351 – 92b
Densidade de Massa Aparente	Medição conforme método de ensaio preferencialmente normalizado, específico para o material
Emissividade	Medição JIS A 1423/ ASTM C1371 - 04a
Absortância à Radiação Solar	Medição ANSI/ASHRAE 74/88 ASTM E1918-06, ASTM E903-96
Resistência ou Transmitância Térmica de Elementos	Medição conforme ABNT NBR 6488 ou cálculo conforme ABNT NBR 15220-2, tomando-se por base valores de condutividade térmica medidos na ASTM E903-96
Características Fotoenergética (vidros)	EN 410 – 1998/ EN 12898

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 20)

2.5.3 Exigências para um bom Desempenho Térmico

Como Alegrete/RS está localizada na Zona Bioclimática 2¹⁷ os intervalos apresentados nas Tabelas 3 e 4 se referem ao que esta zona está inserida. Sendo que ‘M’ é o requisito de valor Mínimo, ‘I’ Intermediário e ‘S’ Superior, trazendo o seu intervalo de Desempenho Térmico. A Tabela 3 apresenta o critério de avaliação da simulação no dia típico de verão tendo como base os valores máximos para a temperatura do ar em ambientes de permanência prolongada.

¹⁷ Segundo a ABNT NBR 15220-3/2005.

Tabela 3 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério
	Zona 1 a 7
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^{\circ}\text{C})$

$T_{i,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,máx.}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA Zona bioclimática de acordo com a ABNT NBR 15220-3.
 Para a zona 8 faz-se necessário consultar a norma, pois as exigências são menos rigorosas.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 52, Anexo E)

A Tabela 4 apresenta os critérios para a avaliação da simulação do dia típico de inverno, com os valores mínimos de temperatura do ar em ambientes internos de permanência prolongada.

Tabela 4 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério
	Zona 1 a 5
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^{\circ}\text{C})$
I	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^{\circ}\text{C})$

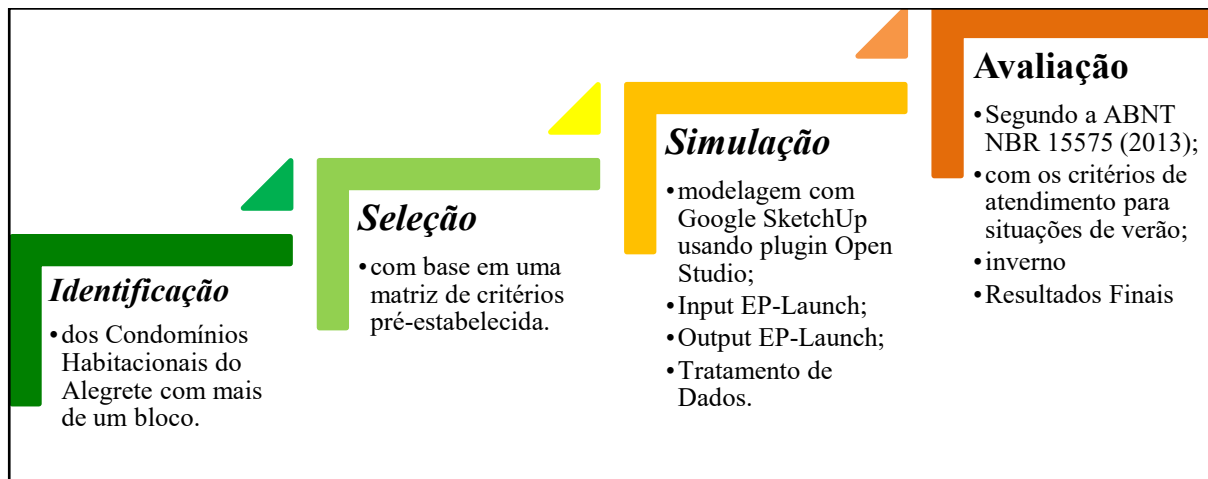
$T_{i,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,mín.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA Zona bioclimática de acordo com a ABNT NBR 15220-3.
 Nas zonas bioclimáticas 6, 7 e 8 não necessitam este tipo de verificação.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 53, Anexo E)

3 METODOLOGIA

Na Figura 3 é apresentado um esquema dos métodos adotados como forma de resumos.

Figura 3 - Esquema dos Métodos Adotados



Fonte: Elaboração Própria

Neste capítulo estão expostos os métodos e procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho, o qual está dividido em: Identificação dos Condomínios Habitacionais de Alegrete/RS; Critérios de Seleção do Modelo Base; Simulação Termoenergética no Modelo Base, Métodos para a Avaliação do Modelo Base e Propostas de Modificações.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CONDOMÍNIOS HABITACIONAIS MULTIFAMILIARES DE ALEGRETE/RS

Para esta etapa realizou-se uma breve pesquisa local identificando as unidades habitacionais com mais de uma torre condominial. São listados a seguir os doze conjuntos habitacionais selecionados (alíneas 'a' a 'l', Figuras 4 a 15), com seus respectivos nomes (ocultados), endereços fictícios, construtoras (ocultadas), ano de entrega da obra, tipo de estrutura e número de blocos. Com estas informações, posteriormente, será possível averiguar a disponibilidade de projetos arquitetônicos completos e características construtivas mais detalhas, a fim de eleger os conjuntos habitacionais modelos base do estudo de caso.

- a) *Residencial 1*: Rua I, nº 0. Centro; Construtora A.; 1966?; Estrutura de Alvenaria; 4 blocos.

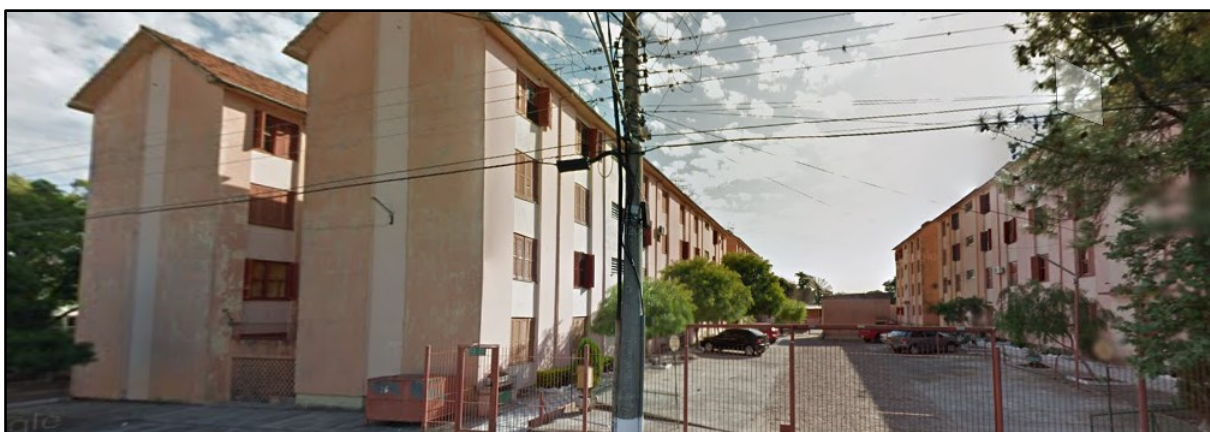
Figura 4 - Residencial 1



Fonte: Google Street View, captura de maio de 2012 (2017)

- b) *Residencial 2*: Rua II, nº 1. Centro; Construtora A; 1969?; Estrutura de Concreto Armado; 7 blocos.

Figura 5 - Residencial 2



Fonte: Google Street View, captura de maio de 2012 (2017)

- c) *Residencial 3*: Rua III, nº 2. Cidade Alta; Construtora A; 1979; Estrutura de Alvenaria; 16 blocos.

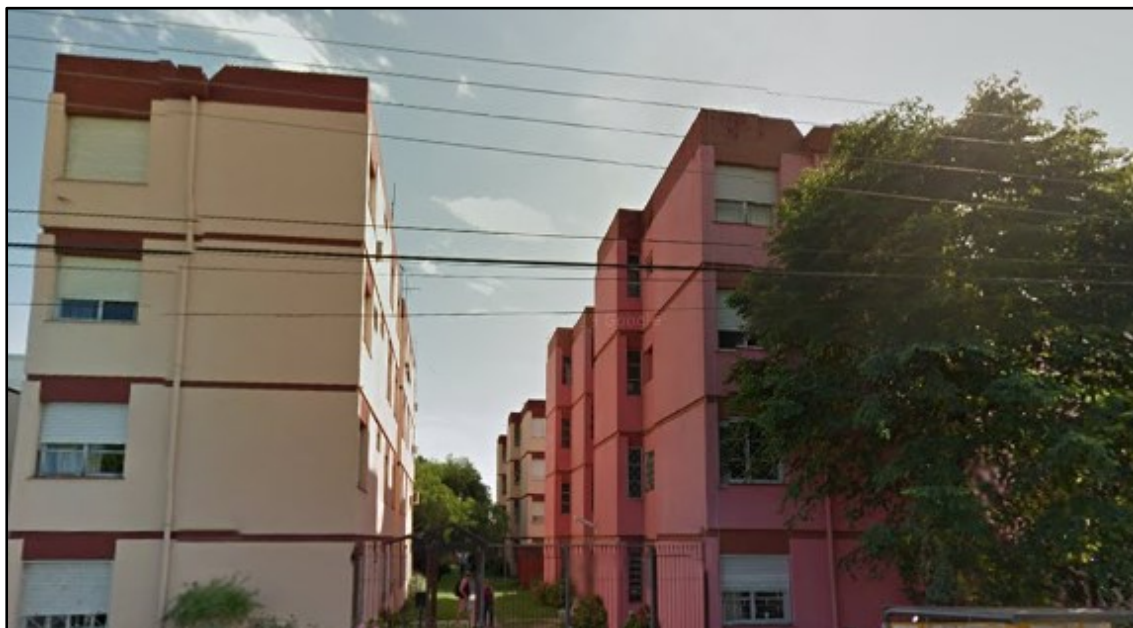
Figura 6 - Residencial 3



Fonte: Acervo do Autor

d) *Residencial 4*: Rua IV, nº 3. Centro; Construtora B; 199-; Estrutura de Concreto Armado; 3 blocos.

Figura 7 - Residencial 4



Fonte: Google Street View, captura de maio de 2012 (2017)

e) *Residencial 5*: Rua V, nº 4 a 6. Centro; Construtora B; 2002; Estrutura de Concreto Armado; 2 blocos.

Figura 8 - Residencial 5



Fonte: Google Street View, captura de maio de 2012 (2017)

- f) *Residencial 6*: Rua VI, nº 7. Centro; Construtora D; 199-; Estrutura de Concreto Armado; 2 blocos.

Figura 9 - Residencial 6



Fonte: Google Street View, captura de agosto de 2011 (2017)

- g) *Residencial 7*: Rua VII, nº 8. Centro; Construtora B; 2016-2017; Alvenaria Estrutural; 2 blocos.

Figura 10 - Residencial 7



Fonte: Acervo do Autor

h) Residencial 8: Rua VIII, nº 9. Ibirapuitã; Construtora C; entrega Maio de 2016; Estrutura em Concreto; 2 blocos.

Figura 11 - Residencial 8



Fonte: Construtora C (2017)

i) Residencial 9: Rua IX, nº 10. Ibirapuitã; Construtora B, entrega 2018; Alvenaria Estrutural; 2 blocos.

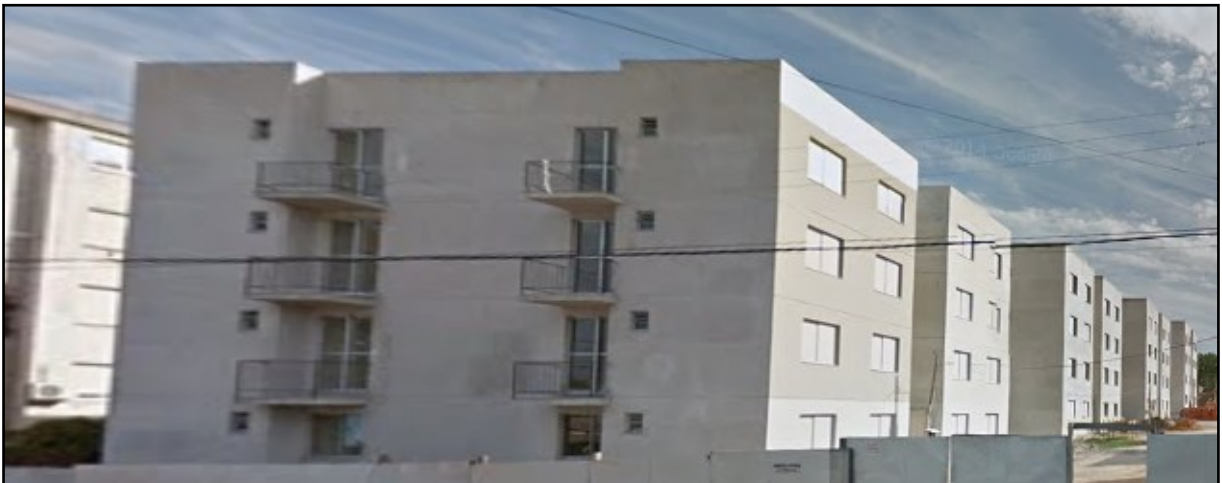
Figura 12 - Residencial 9



Fonte: Construtora B (2017)

- j) *Residencial 10*: Rua X, nº 11. Cidade Alta; Construtora B, entrega 2017-2018-2019; Alvenaria Estrutural; 8 blocos.

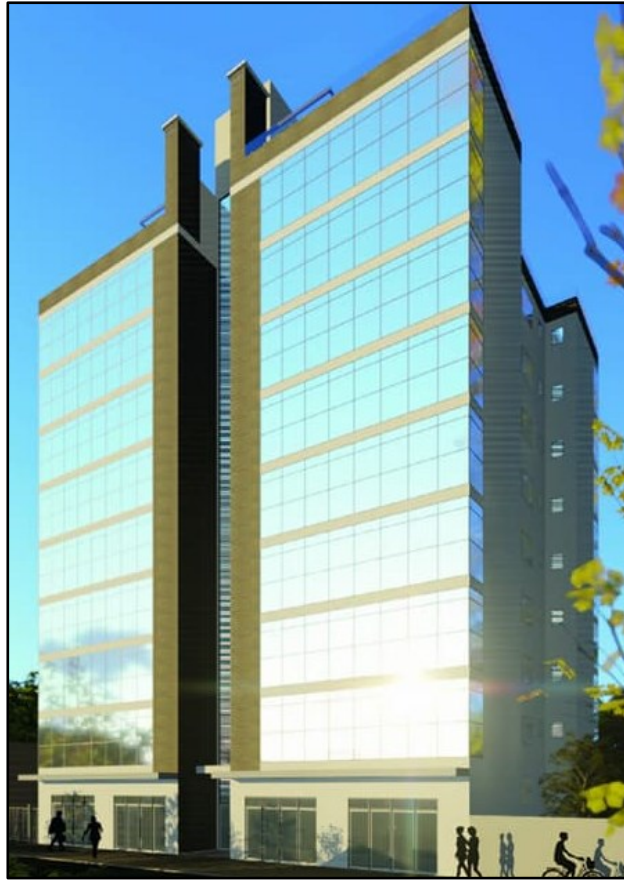
Figura 13 - Residencial 10



Fonte: Google Street View, captura de maio de 2012 (2017)

- k) *Residencial 11*: Rua XI, nº 12. Ibirapuitã; Construtora C; entrega 2018; Estrutura em Concreto; 2 blocos.

Figura 14 - Residencial 11



Fonte: Construtora C (2017)

- l) *Residencial 12*: Rua XII, nº 13. Medianeira; Construtora C; entrega 2020; Estrutura em Concreto; 6 blocos.

Figura 15 - Residencial 12



Fonte: Construtora C (2017)

3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MODELO BASE

A seleção dos modelos base foram determinados pela avaliação de uma matriz de critérios pré-estabelecida nas alíneas de ‘a’ a ‘i’, mostrados a seguir:

- a) *PPD*: Percentual de Pessoas Insatisfeitas. Com a aplicação de uma entrevista semi-estruturada aos moradores a fim de obter o PPD através do PMV, Apêndice A;
- b) *IS*: Impacto Social, segundo o número de unidades habitacionais no local, quanto maior o número de apartamento, maior o número de famílias envolvidas no condomínio estipulando, assim, recebem a maior pontuação (10) para o conjunto mais ocupado reduzindo de forma ponderada para o restante;
- c) *EIV*: Estudo do Impacto da Vizinhança. Quanto maior o impacto menor a sua respectiva pontuação em acordo com o Plano Diretor de Alegrete/RS, Brasil (2006), que leva em consideração as seguintes questões:
 - adensamento populacional;
 - equipamentos urbanos e comunitários;
 - uso e ocupação do solo;
 - valorização imobiliária;
 - geração de tráfego e demanda por transporte público;
 - ventilação e iluminação; e
 - paisagem urbana e patrimônio natural e cultural;
- d) *Zona*: onde as Zonas Residenciais levarão a maior pontuação reduzindo um ponto a cada categoria, todas as Zonas delimitadas em Alegrete estão dispostas segundo o Plano Diretor do Município, Brasil (2006):
 - Zonas Residenciais RI, RII e RIII (Equivalente 10);
 - Zonas Especiais de Interesse Social, ZEIS (Equivalente 9);
 - Zona de Corredor Misto (Equivalente 8);
 - Zona Comercial (Equivalente 7);
 - Zona Industrial I (Equivalente 6);
 - Zona Industrial II (Equivalente 5);
 - Zona Especial I de Interesse Cultural (Equivalente 4);
 - Zona Especial II de Urbanização Diferenciada (Equivalente 3);
 - Zona Especial III de Interesse Institucional (Equivalente 2);
 - Zona de Proteção Permanente (Equivalente 1); e

- Zona Militar (Equivalente 0);
- e) *Financiável*: os empreendimentos 100% financiados pela Caixa Econômica Federal obterão a maior pontuação (10) até aqueles em que não se é possível financiar, este critério foi criado porque a CEF apresenta desde 2000 requisitos básicos para a aprovação de financiamentos, esta avalia o atendimento da norma de Desempenho (ABNT NBR 15575, 2013), como forma de julgamento do imóvel;
- f) *Ano*: referente ao ano da entrega do empreendimento. Definem-se faixas temporais para pontuação agrupando de cinco e cinco anos, assim como mostra a Tabela 5;

Tabela 5 – Pontuação para o Critério ‘Ano de entrega’

Intervalo	Pontuação
2012 – 2017	10
2006 – 2011	9
2000 – 2005	8
1994 – 1999	7
1988 – 1993	6
1982 – 1987	5
1976 – 1981	4
1972 – 1977	3
1966 – 1971	2
1960 – 1965	1
1959 – antes	0

Fonte: Elaboração Própria

- g) *Projeto*: Admitindo o valor 10 (dez) para acesso ao projeto digital; 5 (cinco) para o acesso ao projeto impresso e 0 (zero) para a impossibilidade de obtenção do projeto;
- h) *EP*: Segundo a Espessura da Parede. Critério que dará maior pontuação as paredes menos espessas, sendo que, a edificação que possuir a menor espessura de parede admitir-se-á o valor 10 (dez) e as outras ponderadas relativas à menor espessura encontrada; e
- i) *Eleito*: critério de eleição pessoal tomando como base os estabelecidos pelo autor e orientadores deste trabalho.

Com esta definição de matriz ficam estabelecidos dez critérios eletivos dando aos conjuntos habitacionais uma pontuação de 0 a 10 (zero a dez) para cada critério, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz de Critérios para Seleção das Edificações

ID	Critérios									Total Acum.
	PPD	IS	EIV	Zona	Financiável	Ano	Projeto	EP	Eleito	
a) Residencial 1										0
b) Residencial 2										0
c) Residencial 3										0
d) Residencial 4										0
e) Residencial 5										0
f) Residencial 6										0
g) Residencial 7										0
h) Residencial 8										0
i) Residencial 9										0
j) Residencial 10										0
k) Residencial 11										0
l) Residencial 12										0

Fonte: Elaboração Própria

Os conjuntos habitacionais poderão obter uma nota máxima acumulada igual a 90 (noventa); sendo que, o que obtiver a maior pontuação será eleito como Modelo Base para o estudo de caso, garantindo um trabalho com maior impacto ESA – Econômico, Social e Ambiental – para Alegrete/RS.

3.3 SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA NO MODELO BASE

O EnergyPlus é um programa completo, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos – DOE, que realiza simulação energética para modelar na edificação a utilização da água e energia (térmica, elétrica, do vento e outras). Utiliza as equações fundamentais do balanço de energia, que “soluciona os problemas diretamente ao invés de introduzir procedimentos de transformada, o que é vantajoso, pois o programa não irá conter parâmetros arbitrários e nenhum processo ficará oculto” (MÜLLER, 2013, p. 2).

Como seus progenitores¹⁸, o EnergyPlus é um programa de simulação de carga térmica e de análise do consumo de energia elétrica escrito em FORTRAN90. Baseado na descrição do prédio feita pelo usuário a partir da perspectiva da constituição física

¹⁸ BLAST – *Building Loads Analysis and System Thermodynamics* e DOE – *Department of Energy*.

da edificação e sistemas mecânicos associados, o EnergyPlus calcula as cargas térmicas de refrigeração e de aquecimento necessárias para manter um adequado controle térmico [...] (CAROTENUTO, 2009, p. 27).

Carotenuto (2009, p.28) também cita as principais características do programa EnergyPlus, aqui resumidas para dar ênfase a simulação desejada, que exclui a utilização de sistemas de refrigeração artificial apenas avaliando o comportamento da construção. Suas características são:

- a) Solução integrada e simultânea;
- b) solução baseada no equilíbrio de calor;
- c) intervalos de tempo definidos pelo usuário, tanto para o uso e ocupação quanto para troca entre a zona térmica e o ambiente externo;
- d) modelo combinado de transferência de calor e massa;
- e) modelo avançado de fenestração, incluindo persianas controláveis, vidraças eletrocromáticas e balanços de calor camada por camada que calculam a energia solar absorvida pelas janelas;
- f) cálculos de iluminação e brilho para alterar o conforto visual e controlar controles de iluminação;
- g) HVAC ¹⁹ baseado em componentes que ofereça suporte a configurações padrão e novas do sistema;
- h) um grande número de estratégias de controle de iluminação e HVAC embutidas e um sistema de script de tempo de execução extensível para controle definido pelo usuário;
- i) interface de modelagem funcional importar e exportar para co-simulação com outros motores;
- j) resumo padrão e relatórios de saída detalhados , bem como relatórios definíveis pelo usuário com resolução de tempo selecionável de anual para sub-hora, tudo com multiplicadores de fonte de energia;
- k) arquivos climáticos e arquivos de entrada e saída baseados no formato ASCII²⁰; entre outros.

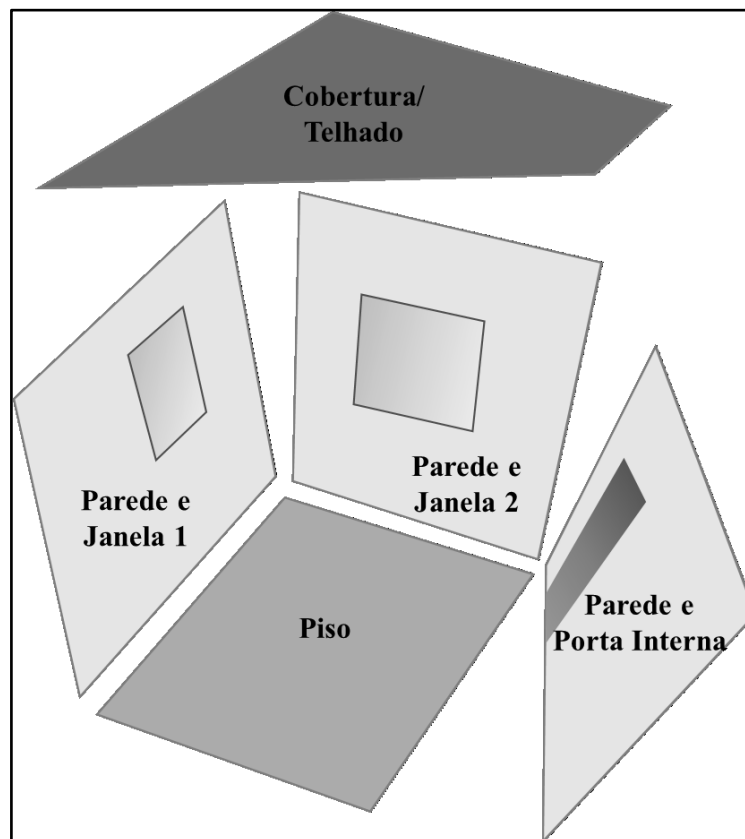
O balanço global de energia leva em consideração os mecanismos de condução, convecção e radiação entre cada construção e superfície da zona térmica, também, de zona para zona (Figura 17). Tendo três diferentes algoritmos de solução o EnergyPlus calcula em Função

¹⁹ HVAC – Heating, Ventilation, and Air Conditioning.

²⁰ ASCII – American Standard Code for Information Interchange.

de Transferência por Condução (CTF²¹), pelo Módulo da Profundidade Efetiva de Penetração da Umidade (EMPD²²) e por Condução por Diferenças Finitas (CondFD²³).

Figura 16 - Definição de uma Zona Térmica



Fonte: Elaboração Própria

O resumo das simplificações de cálculos que o EnergyPlus assume é descrito no parágrafo:

O EnergyPlus assume que o ar presente nas zonas é **uma mistura homogênea** que possui **temperatura uniforme** em toda a zona. Para superfícies (paredes, janelas, piso, etc) as suposições ditadas pela ASHRAE são que a temperatura, e irradiações de ondas curtas e longas são uniformes; a radiação nas superfícies é difusa; e a condução é considerada unidimensional (MÜLLER, 2013, p. 2, grifo nosso).

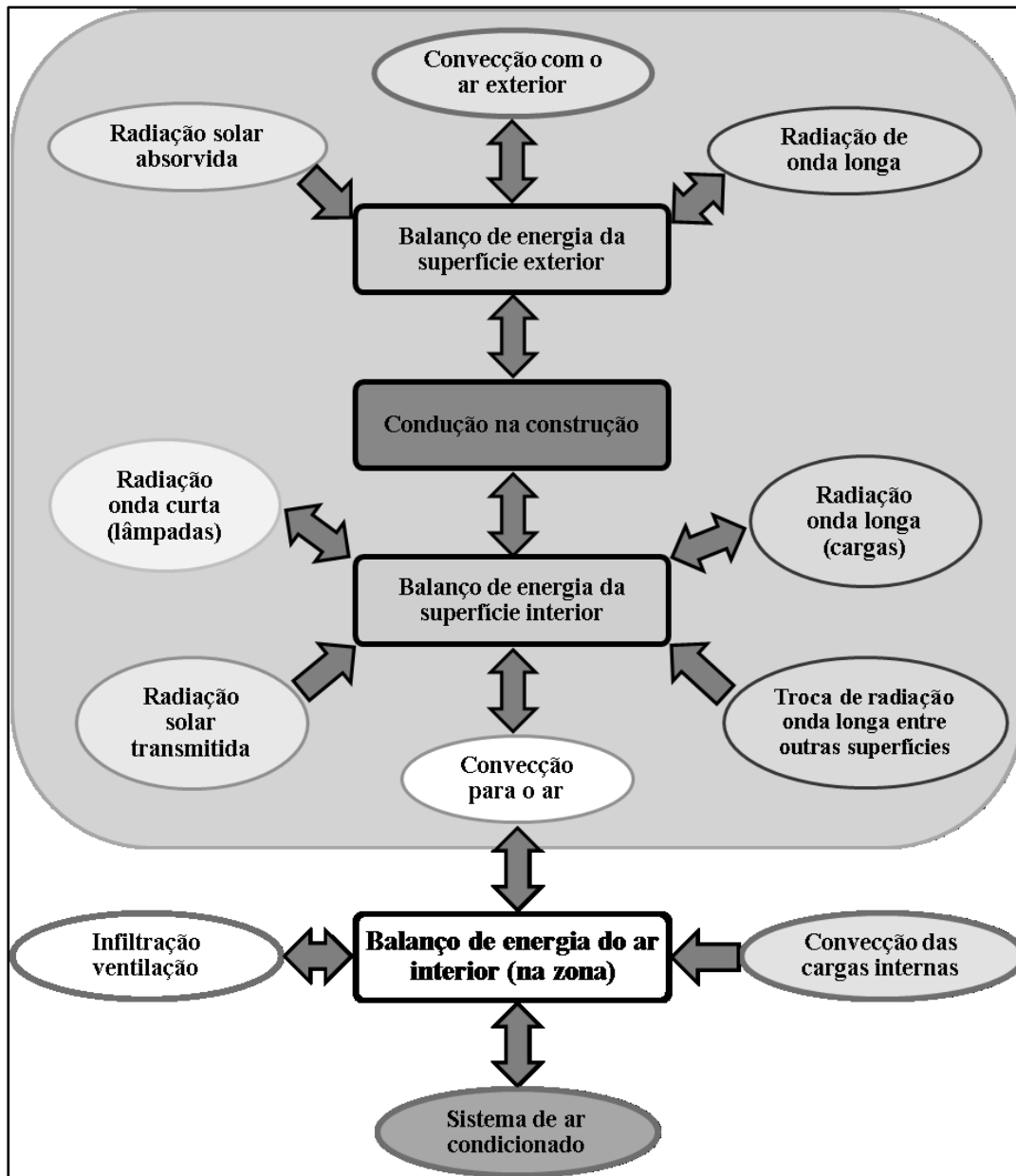
A Figura 17 ilustra o balanço geral de energia em uma construção opaca em uma zona térmica.

²¹ CTF – *Conduction Transfer Function*.

²² EMPD – *Effective Moisture Penetration Depth*.

²³ CondFD – *Conduction Finite Difference*.

Figura 17 - Processos de Balanço de Energia e Zona Térmica



Fonte: Adaptado de Piccoli Junior (2012, p. 4).

No esquema da Figura 17 pode-se verificar os processos de entrada e após o item “Convecção para o ar” os processos de saída melhores descritos nos capítulos seguintes. Este trabalho não pretende avaliar os sistemas de condicionamento de ar, já que esta modelagem se refere a edificações multifamiliares com escolha de sistemas de maneira muito particular e diferenciada, então, será desconsiderado para o processo de simulação.

3.3.1 Modelagem Computacional: Softwares Auxiliares

O Google SketchUp é um software próprio para a criação de modelos em 3D no computador. Foi originalmente desenvolvido pela At Last Software, uma empresa estadunidense com sede em Boulder, Colorado, a qual foi adquirida pela Google, como anunciado a 14 de Março de 2006. Em 2012 Trimble Navigation adquiriu o programa. O SketchUp está disponível em duas versões: a versão profissional, Pro, e a versão gratuita, Make, (para uso privado, não comercial). Este trabalho utiliza a versão Make de 2017.

O Legacy Open Studio é uma coleção de plataformas cruzadas (Windows, Mac e Linux) para suportar a modelagem de energia de construção integral usando o EnergyPlus e a análise avançada de luz natural usando o Radiance. Este programa facilita a criação e edição de superfícies e zonas térmicas para o EnergyPlus, sendo que o EP utiliza a linguagem em código aberto orientado a objetos, o que torna difícil a visualização do usuário à superfície/zona delimitada. O Open Studio também é mantido e pelo Departamento de Energia EUA (DOE) e neste trabalho foi utilizada a versão 2.3.0 de 2017.

Sabe-se que para o processo de modelagem são exigidos muitos dados da edificação que deseja-se construir digitalmente, e ainda deve-se considerar algumas simplificações para adquirir um modelo compatível com as interfaces dos softwares supracitados.

3.3.2 Dados iniciais

A simulação iniciou com o carregamento do EPW, arquivo climático do local da edificação à ser simulado, como descrito no capítulo 2.4.1, sendo utilizado o arquivo climático de Alegrete com TRY de 2008. Este arquivo contém os seguintes dados horários descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Informações Contidas em um Arquivo Climático

Informação Climática	Unidade	Informação Climática	Unidade
Data e hora	-	Velocidade do Vento	m/s
Temperatura de bulbo seco	°C	Direção do vento	°
Temperatura de bulbo úmido	°C	Índice de nebulosidade do céu (0 a 1)	-
Temperatura de orvalho	°C	Radiação horizontal extraterrestre	Wh/m ²
Umidade relativa	%	Radiação global horizontal	Wh/m ²
Conteúdo de umidade	g _w /kg _a	Radiação direta	Wh/m ²
Pressão atmosférica	Pa	Radiação direta normal	Wh/m ²
Densidade do ar	kg/m ³	Radiação direta horizontal	Wh/m ²
Entalpia	kJ/kg	Temperatura do solo	°C

Fonte: Adaptado de Carotenuto (2009, p. 32) e EPW de EnergyPlus (2017, não paginado)

Após isso foram definidos os controles de simulação, dados da simulação como: indicação do norte, tipo de terreno, tolerâncias de temperatura e cálculos, tipo de distribuição solar, e número máximo de dias de aquecimento (até o EP começar a coletar os resultados).

Definiu-se o *'timestep'*, por exemplo 4 indica que o balanço energético será realizado em 4 passos, dentro de 1 hora (de 15 em 15 minutos). E escreve-se os parâmetros para a localização da edificação, latitude, longitude, fuso horário e altitude no globo. Configura-se os dias de projeto, conforme ABNT NBR 15575-1 de 2013.

Definiu-se o período para a simulação podendo ser o ano inteiro ou um ou mais dias de projeto. Configura-se o uso e ocupação da edificação, por estas serem residenciais utiliza-se os parâmetros da norma ASHARE Standard 55 de 2010, para a agenda de ocupação. Configura-se os ganhos internos através do metabolismo das pessoas nas diversas ocupações, segundo a ABNT NBR 16401-1 de 2008.

Fez-se uma configuração básica do sistema de iluminação, aqui definido conforme as normas vigentes, pressupondo que as residências atendam os parâmetros mínimos da normativa. E faz-se uma configuração dos equipamentos existentes em cada zona, aqui definido como as densidades típicas dos equipamentos para residências conforme a ASHARE Standard 55 de 2010.

Então, configurou-se, os elementos construtivos: de fachadas/paredes, pisos, coberturas, portas e janelas. Pode-se utilizar as configurações de paredes encontradas com as características térmicas dos materiais da ABNT NBR 15220-2 de 2005.

3.3.3 Dados de saída

Agora descreve-se brevemente quais os dados de saída da simulação. A lista de *Outputs* é alterada e são acrescentados módulos de acordo com as configurações do projeto. Então aqui o intuito não é declarar todos parâmetros de saída de dados possíveis e somente os selecionados para a avaliação de desempenho térmico.

Os principais dados de saída desejados são apenas temperatura externa (Tbs) e temperatura operativa de cada zona térmica (Tbs). Ainda é possível prever o consumo global da edificação e compará-la com a edificação adaptada, com os dados de: consumo de energia para aquecimento, consumo de energia para refrigeração, consumo de energia para ventilação e consumo total de energia, análise em evolução livre de temperatura.

3.3.4 Tratamento de Dados

O tratamento de dados foi feito através da interface do Excel, pois assim será possível padronizar os resultados e também descartar resultados falhos. O arquivo de resultados mostra os resultados das variáveis configuradas em *Output Variable*, em um arquivo do Excel.

3.4 AVALIAÇÃO DO MODELO BASE

Foi avaliado assim como descrito no Capítulo 2.1.3.3 (Níveis de Desempenho), de forma que, se o modelo que admitir valor Mínimo, Intermediário ou Superior será classificado como atendendo a normativa de Desempenho Térmico.

3.4.1 Desempenho Atual

O desempenho atual foi medido em forma de simulação com o auxílio do programa Energy Plus e arquivo climático da cidade de Alegrete disponibilizado no site do LabEEE com os dados históricos do INMET.

A simulação computacional é simplificada, pois cria zonas de transferência de calor onde calcula ao longo do ano a evolução de temperatura em cada zona, sendo que cada zona representa um cômodo da edificação e nela há apenas um único valor médio de temperatura, umidade, consumo e outras variáveis, sem se considerar toda a matriz de temperaturas em um ambiente. Mas esta simplificação é aceitável já que o corpo humano não é capaz de notar estas

oscilações no espaço, tornando este tipo de cálculo aceito mundialmente pelas normas de desempenho e para as diversas formas de certificações às edificações.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

4.1 OBTENÇÃO DO PMV

Elaborou-se um gráfico auxiliar, Gráfico 1, para definir com qual percentil de pessoas insatisfeitas (PPD) se encontra em cada local conforme a média do voto médio predido (PMV) obtido diretamente das entrevistas, conforme Apêndice A. E ainda foi possível verificar o percentual de amostragem na Tabela 7.

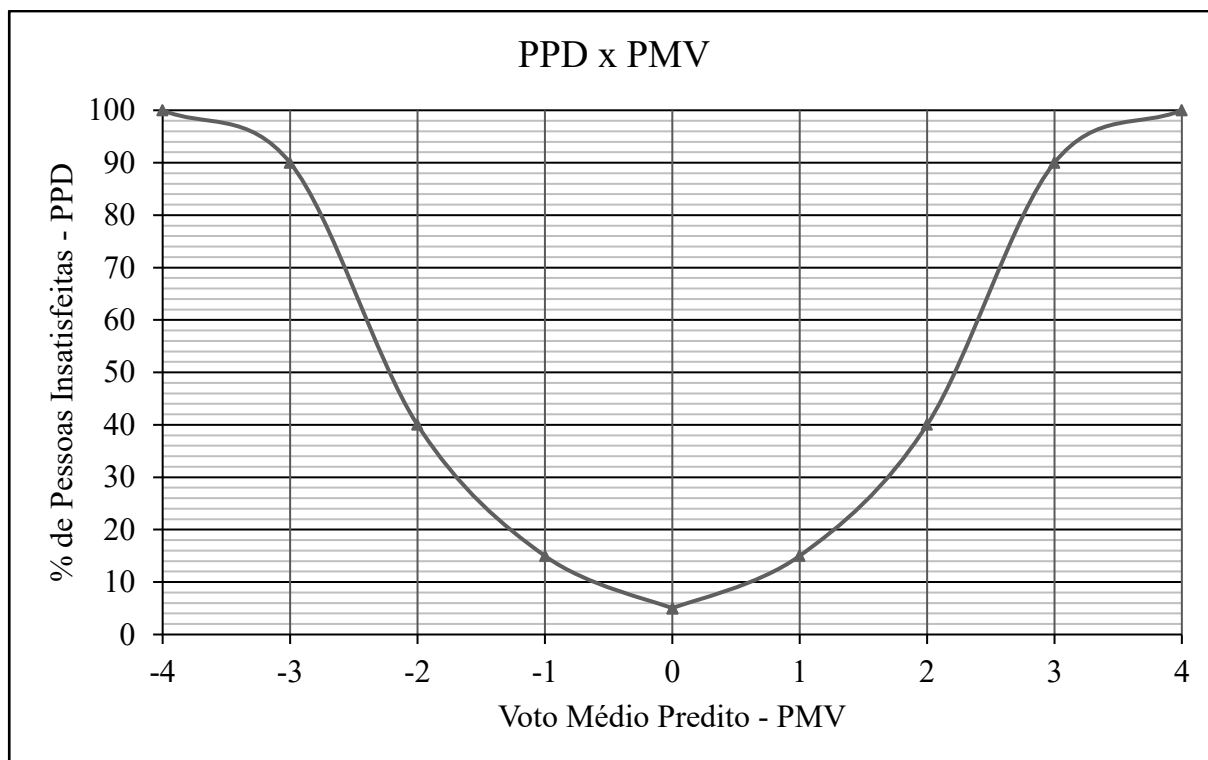
Tabela 7 – Obtenção do PPD equivalente através do PMV obtido

Local	Pessoas entre- vis- ta- das	Total de aparta- mentos	Estima- tiva de Mora- dores	% de Amos- tra	PMV °C	PPD equiva- lente
a) Residencial 1	24	24	96	25%	-1	15%
b) Residencial 2	40	210	840	5%	-2	40%
c) Residencial 3	52	256	1024	5%	-1	15%
d) Residencial 4	8	18	72	11%	-3	90%
e) Residencial 5	0	16	64	0%	-	-
f) Residencial 6	5	16	64	8%	-2	40%
g) Residencial 7	32	56	224	14%	-1	15%
h) Residencial 8	21	32	128	16%	-3	90%
i) Residencial 9	0	72	288	0%	-	-
j) Residencial 10	15	128	512	3%	-2	40%
k) Residencial 11	0	64	256	0%	-	-
l) Residencial 12	0	96	384	0%	-	-

Fonte: Elaboração Própria

Para os Residenciais 9, 11 e 12 não foram realizadas entrevistas porque estas edificações encontram-se em fase de construção, por isso, foram apresentadas em cinza na Tabela 7. Já para o Residencial 5 não houve nenhuma entrevista exclusivamente por questões logísticas.

Gráfico 2 – Gráfico auxiliar para verificar o PPD através do PMV obtido



Fonte: Elaboração Própria

Como o percentil do PPD varia de 1 a 100 para o cálculo na matriz de critérios instituiu que o valor numérico designado nela seria dividido por 10 e arredondado para cima, obtendo um valor inteiro, conforme mostrado no Quadro 3 na seção 4.3.

4.2 MODELOS BASE ELEITOS

A matriz de critérios apresentada e criada no capítulo 3.2 elegeu para aplicação da simulação os Residenciais 3 em terceiro lugar, o 11 em segundo lugar e, com o maior índice na matriz de critérios (Quadro 3), o Residencial 10.

Quadro 3 – Matriz de Critérios para Seleção das Edificações, Resultado Final

ID	Critérios									Total Acum.
	PPD /10	IS	EIV	Zona	Financiável	Ano	Projeto	EP	Eleito	
a) Residencial 1	2	1	10	10	8	2	0	4	0	37
b) Residencial 2	4	8	8	10	0	2	0	6	0	38
c) Residencial 3	2	10	7	10	10	4	10	2	10	65
d) Residencial 4	9	1	10	7	0	6	0	6	0	39
e) Residencial 5	9 *	1	10	10	0	8	0	6	0	44
f) Residencial 6	4	1	5	7	0	7	0	6	0	30
g) Residencial 7	2	3	10	7	10	10	10	6	5	63
h) Residencial 8	9	2	5	10	0	10	5	10	10	61
i) Residencial 9	2 **	3	5	10	10	10	0	6	5	51
j) Residencial 10	4	6	7	10	10	10	10	4	10	71
k) Residencial 11	9 ***	3	5	10	10	10	5	8	10	70
l) Residencial 12	9 ***	4	1	10	10	10	5	8	0	57

* por se tratar de uma estrutura equivalente ao do Residencial 4 copiou-se o PPD obtido nele.

** por se tratar de uma estrutura equivalente ao do Residencial 7 copiou-se o PPD obtido nele.

*** por se tratar de uma estrutura equivalente ao do Residencial 8 copiou-se o PPD obtido nele.

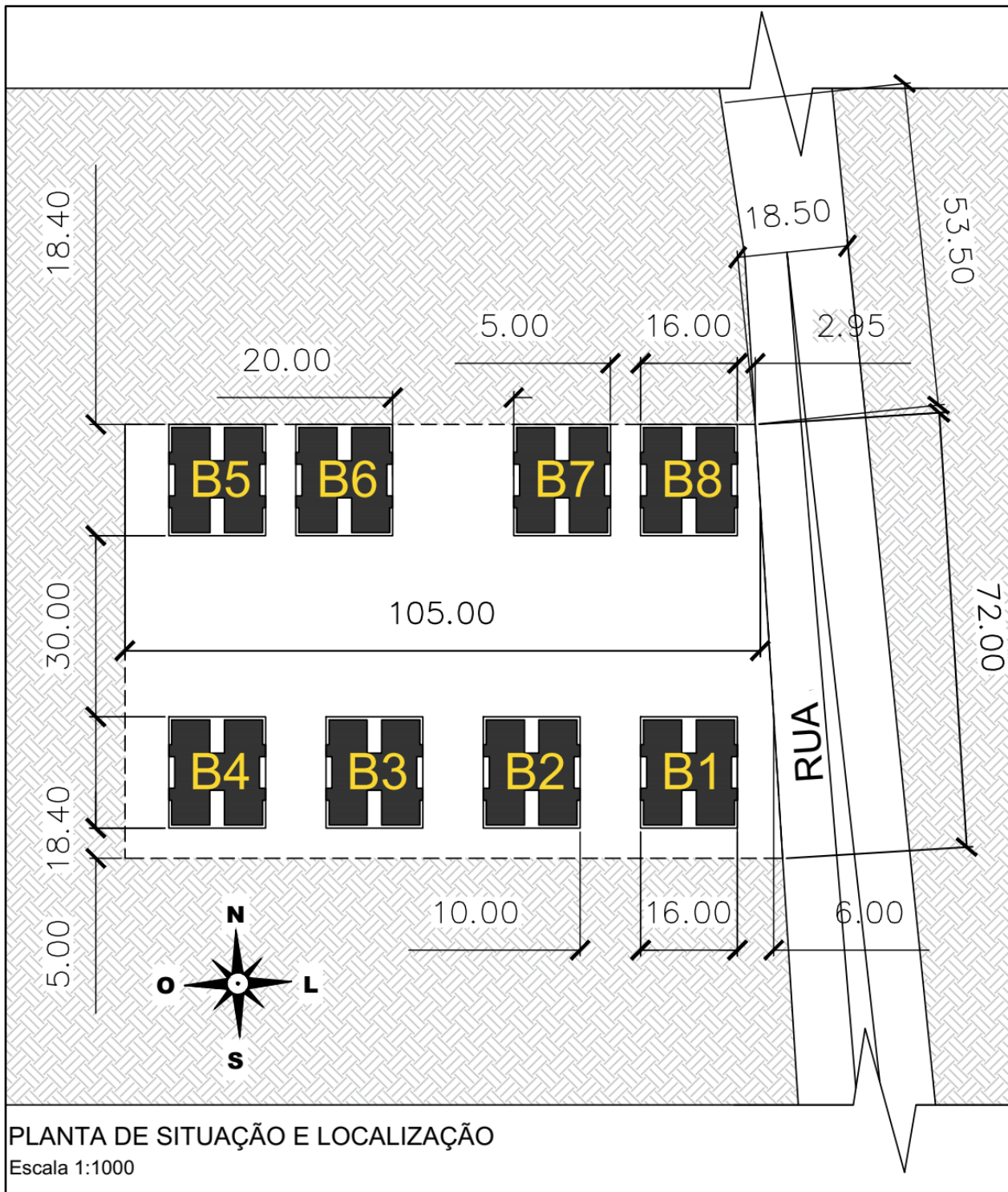
Fonte: Elaboração Própria

4.3 SIMPLIFICAÇÕES PARA SIMULAÇÃO: MODELAGEM

O Residencial 10 possui 8 blocos com uma área total construída de 7.220,80 m², sendo que cada bloco possui 4 pavimentos e cada pavimento possui uma área construída de 221,40 m² e em cada pavimento há 4 apartamentos com áreas iguais de 49,90 m². Ficando o apartamento com uma área interna de 48,00 m² e 1,90 m² devido a uma sacada externa à edificação. Para simplificações na simulação desconsiderou-se esta área de sacada, pois ela é aberta e somente causa um sombreamento ao acesso da sala.

A planta de Situação e Localização deste Conjunto Habitacional pode ser visualizada na Figura 18.

Figura 18 - Planta de Situação e Localização, Residencial 10

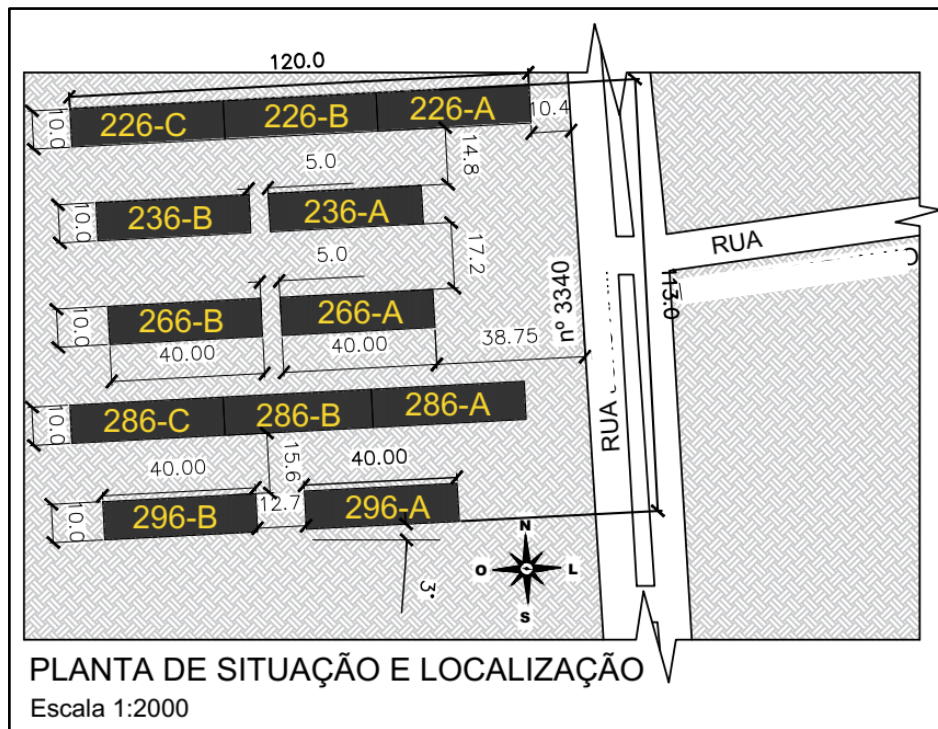


Fonte: Elaboração Própria

Também foi realizada a simulação para apenas um bloco desconsiderando qualquer efeito de sombreamento dos outros blocos, piora no caso para a situação de verão, assim como permite a norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Na Figura 19 é apresentada a Planta de Situação e Localização do Residencial 3, sendo que este possui 12 blocos cada um com 4 pavimentos e 4 apartamentos por andar, sua área total construída é de 19.316 m², aproximadamente. Demais características são apresentadas nos capítulos seguintes.

Figura 19 - Planta de Situação e Localização, Residencial 3



Fonte: Elaboração Própria

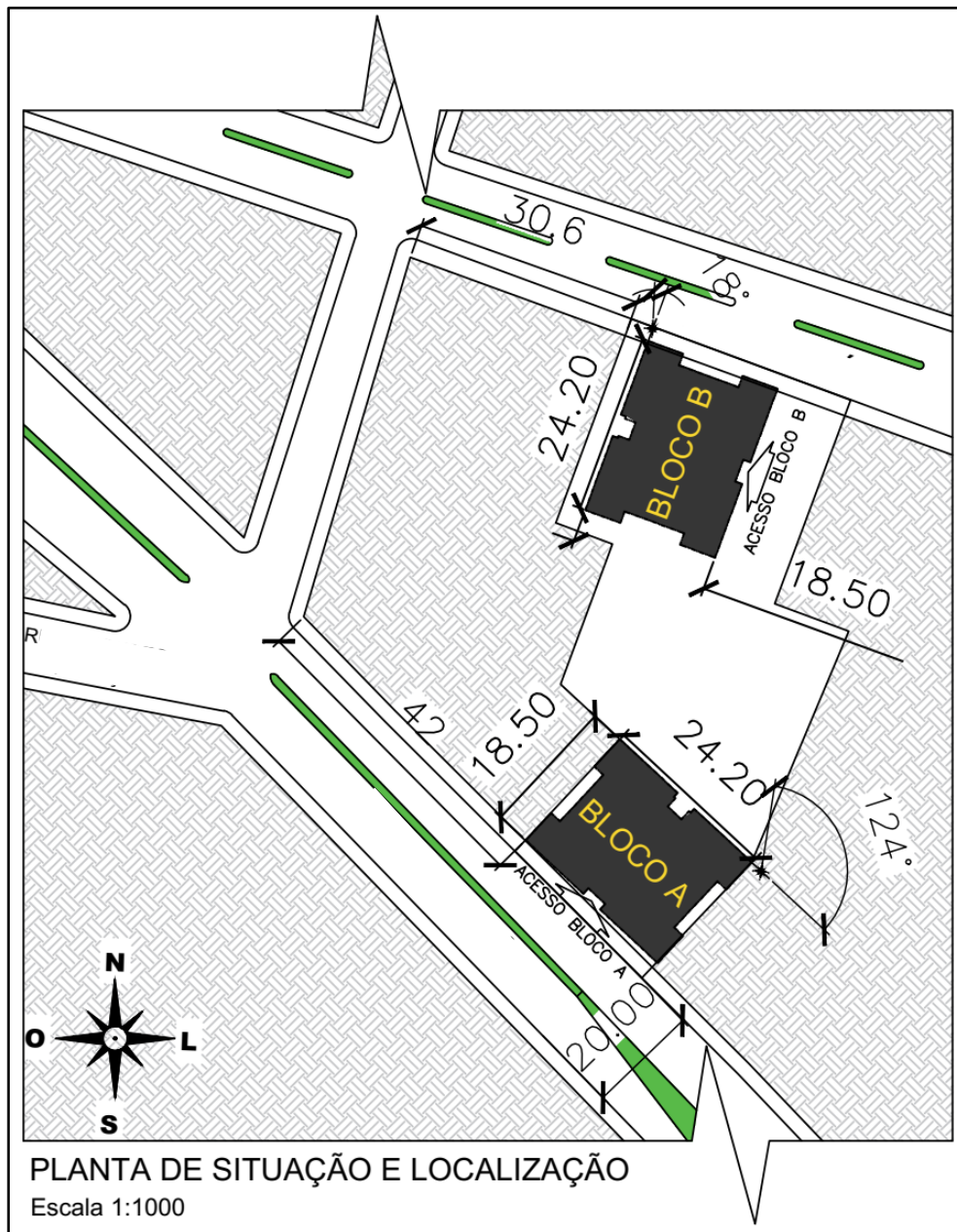
Já o Residencial 11 possui apenas dois Blocos de Apartamentos, mas é de um modelo construtivo inovador com alto índice de industrialização por se tratar de uma estrutura apenas em concreto. Suas paredes de concreto são de 9 cm e 3 cm de revestimentos, totalizando 12 cm de espessura de parede portante.

O Residencial 11 tem a sua planta tipo idêntica nos nove pavimentos para o Bloco B e uma diferença no pavimento térreo do Bloco A, que abrigará estabelecimentos comerciais em um pavimento de pilotis de concreto armado, aqui desconsiderado para fins de cálculo já que este trabalho busca por edificações residências multifamiliares. Mesmo assim há neste Bloco A pavimentos equivalentes ao do Bloco B que podem ser extrapolados admitindo similaridade na simulação computacional.

Além das diferenças construtivas do pavimento térreo, nos blocos de apartamentos do Residencial 11, pode-se ver uma diferença nas posições dos blocos relativos ao norte (Figura

20), pois o acesso principal ao hall/elevadores/escadaria em cada bloco acontece em uma direção diferente conforme a saída para a via.

Figura 20 - Planta de Situação e Localização, Residencial 11



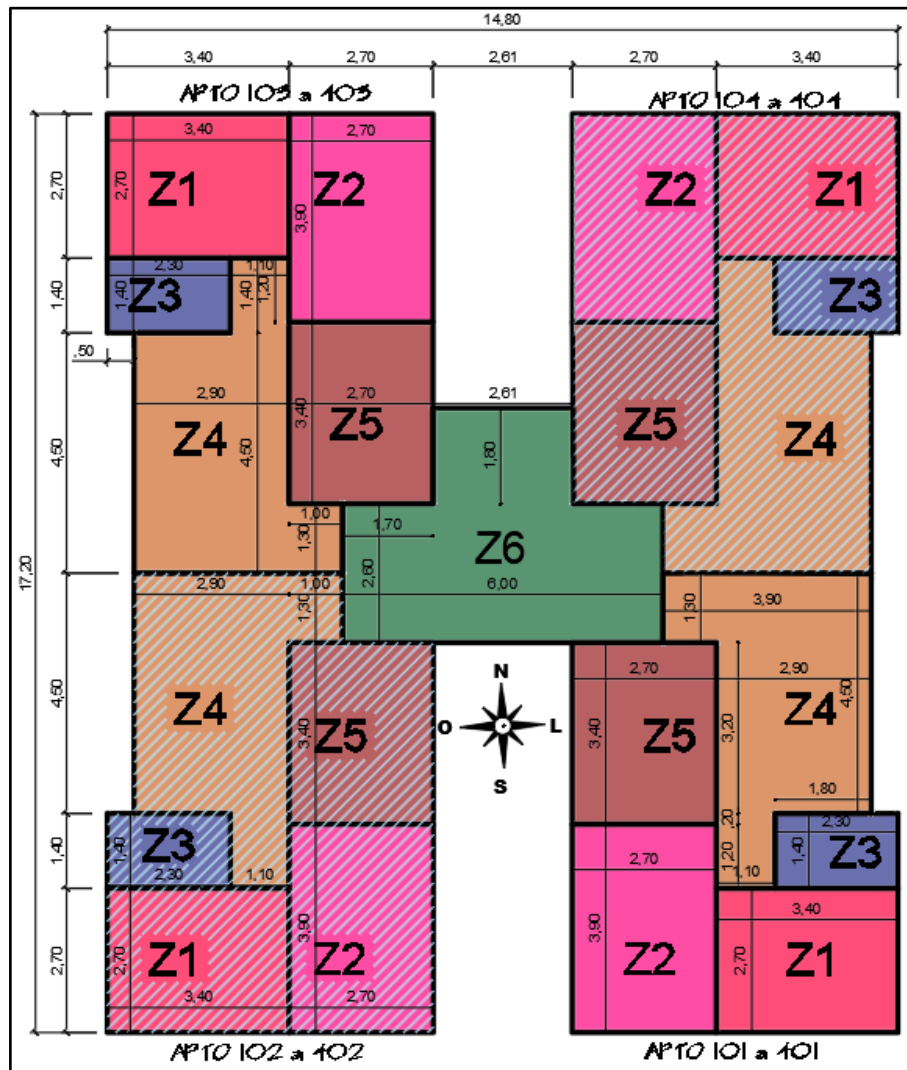
Fonte: Elaboração Própria

4.3.1 Caracterização das Zonas de Trocas Térmicas

Para o Residencial 10 admitiu-se seis diferentes zonas de trocas térmicas, sendo que, cinco delas pertencem a um apartamento tipo repetido quatro vezes em cada pavimento e o

prédio traz quatro pavimentos. As características geométricas da edificação e das zonas estão exemplificadas na Figura 21.

Figura 21 - Zonas Térmicas, Residencial 10



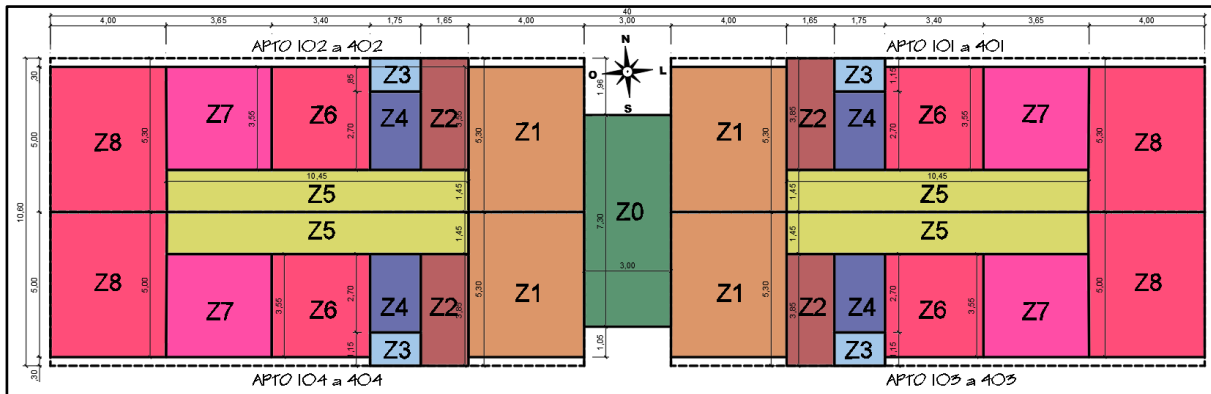
Fonte: Elaboração Própria

- Zona térmica 1 e 2: Dormitórios;
- Zona térmica 3: Banheiros;
- Zona térmica 4: Salas;
- Zona térmica 5: Cozinhas;
- Zona térmica 6: Circulação e Escadas.

Para simplificação na simulação cada zona térmica formará um objeto vetorial e cada objeto possui um único nome, portanto, as zonas foram nomeadas de acordo com o número do apartamento mais o nome da zona, como por exemplo, os dormitórios do apartamento 101 terão zonas térmica iguais a '101_Z1' e '101_Z2'.

O Residencial 3 (Figura 22) é uma edificação bem extensa com 40 metros de comprimento, então, começou a nomear as zonas térmicas a partir das escadarias para o acesso ao apartamento, também com o mesmo critério utilizado anteriormente onde cada zona térmica está referenciada a um apartamento e condiz com um cômodo característico.

Figura 22 - Zonas Térmicas, Residencial 3



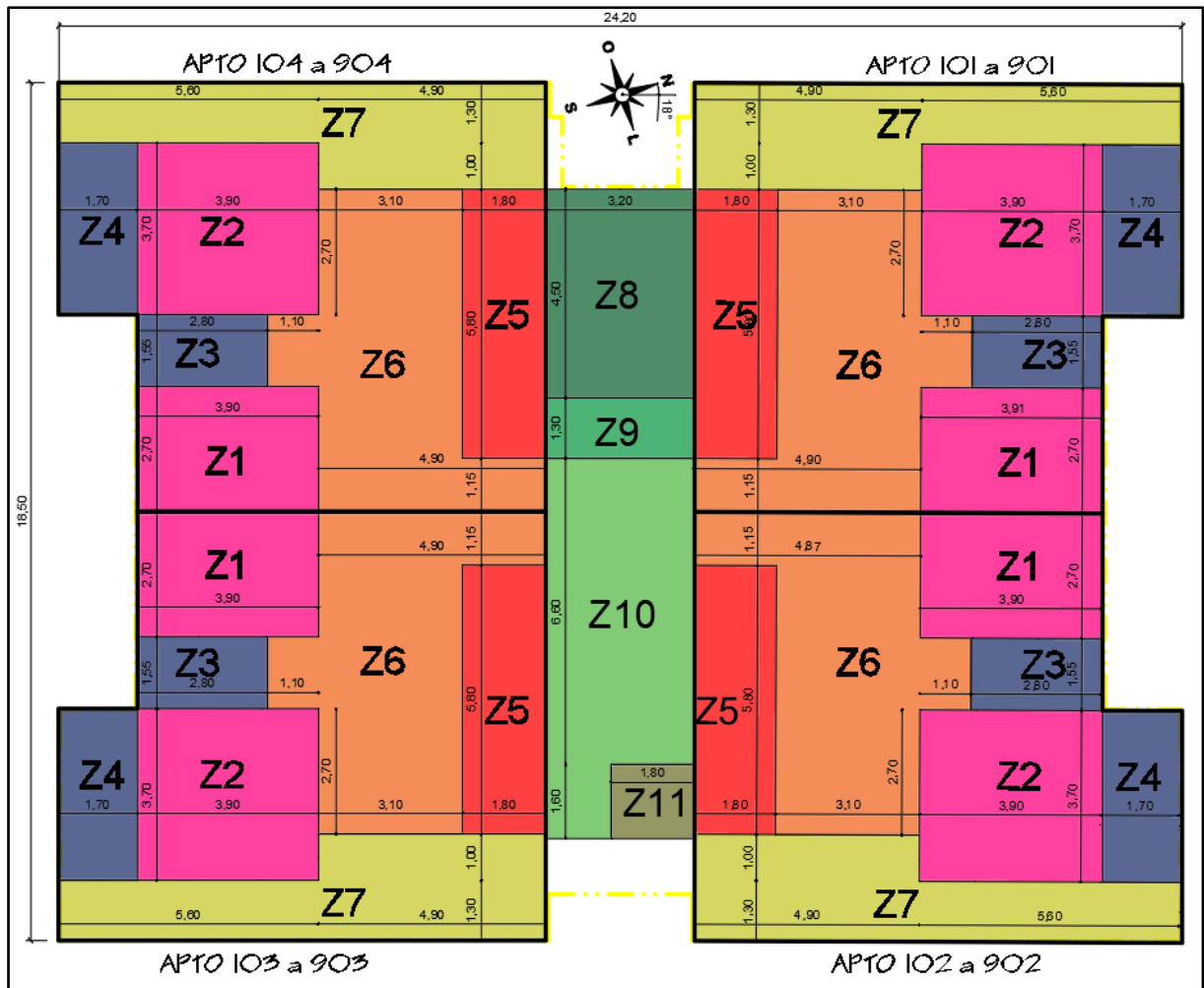
Fonte: Elaboração Própria

A Figura 23 apresenta as seguintes zonas:

- Zona térmica 0: Circulação Condomínio e Escadas;
- Zona térmica 1: Salas;
- Zona térmica 2: Cozinhas;
- Zona térmica 3: Área de Serviço;
- Zona térmica 4: Banheiros;
- Zona térmica 5: Circulação;
- Zona térmica 6, 7 e 8: Dormitórios.

O Residencial 11, apresentadas as suas respectivas zonas na Figura 23, possui dimensões muito truncadas o que causa dificuldade na hora da modelagem, portanto, decidiu-se arredondar os valores para os mais próximos com precisão de uma casa decimal. Assim, tem-se um melhor resultado na simulação e reduz-se a incidência de erros devido as superfícies complexas.

Figura 23 - Zonas Térmicas, Residencial 11



Fonte: Elaboração Própria

Conforme Figura 24, as zonas se referem a:

- Zona térmica 1 e 2: Dormitórios;
- Zona térmica 3 e 4: Banheiros;
- Zona térmica 5: Cozinhas;
- Zona térmica 6: Salas;
- Zona térmica 7: Varandas;
- Zona térmica 8: Escadarias;
- Zona térmica 9: Antecâmara ventilada;
- Zona térmica 10: Circulação Condomínio;
- Zona térmica 11: Elevadores.

Nota-se uma diferença nas áreas de uso condominial, que não formaram uma zona tér-mica única, neste caso, pois nesta edificação há divisões e portas corta fogo conforme norma-tivas exigidas para a prevenção à risco de incêndios em edificações mais altas, por ser mais rígida exige ambientes separados e escadas enclausuradas com antecâmaras ventiladas.

4.3.2 Dados Gerais das Edificações

O Residencial 10, 3 e 11 são edificações que abrigam famílias, sendo que no primeiro e no último, cada apartamento possui dois quartos, e no Residencial 3, três quartos. As principais características e diferenças construtivas podem ser acompanhadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados Gerais das Edificações

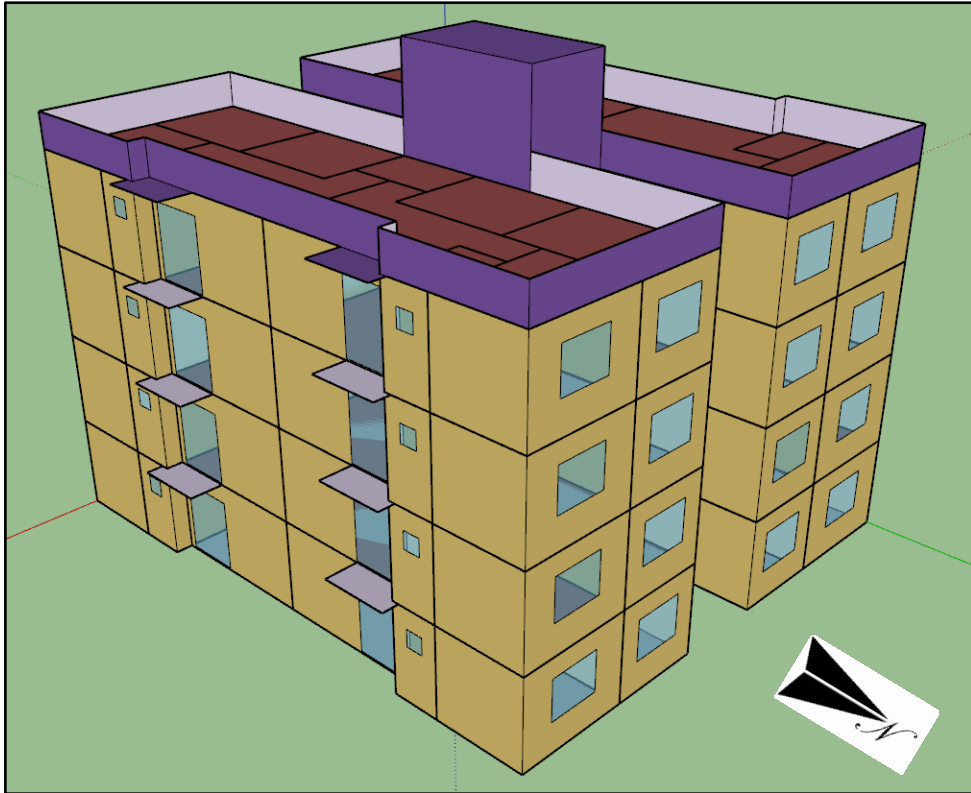
Residencial:	Residencial 10	Residencial 3	Residencial 11
Bairro	Cidade Alta	Cidade Alta	Ibirapuitã
Ano de Entrega	2017	1979	2018
Número de Blocos	8	12	2
Número de Andares	4	4	9
Apartamento por Andar	4	4	4
Dormitórios por Aparta- mento	2	3	2
Estimativa de Moradores	512	1152	288
Total Área Construída	7.220,80 m ²	19.316,16 m ²	7.471,10 m ²
Área de um Bloco	885,60 m ²	1.609,68 m ²	3.735,55 m ²
Área de um Pavimento	221,40 m ²	402,42 m ²	415,06 m ²
Área de um Apartamento	49,90 m ²	98,39 m ²	90,21 m ²
Tipo de Estrutura	<i>Alvenaria Estrutural</i>	<i>Concreto Armado</i>	<i>Concreto</i>
Altura Entre Pisos	2,68 m	2,60 m	2,90 m
Altura do Pé direito	2,50 m	2,40 m	2,78 m

Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 24 é mostrado o modelo da edificação do Residencial 10 em perspectiva com frente para a fachada Leste e Norte e na Figura 25 é apresentado o modelo em transparência com frente para a fachada Oeste e Sul, sendo que as fachadas Sul são as frentes para a rua.

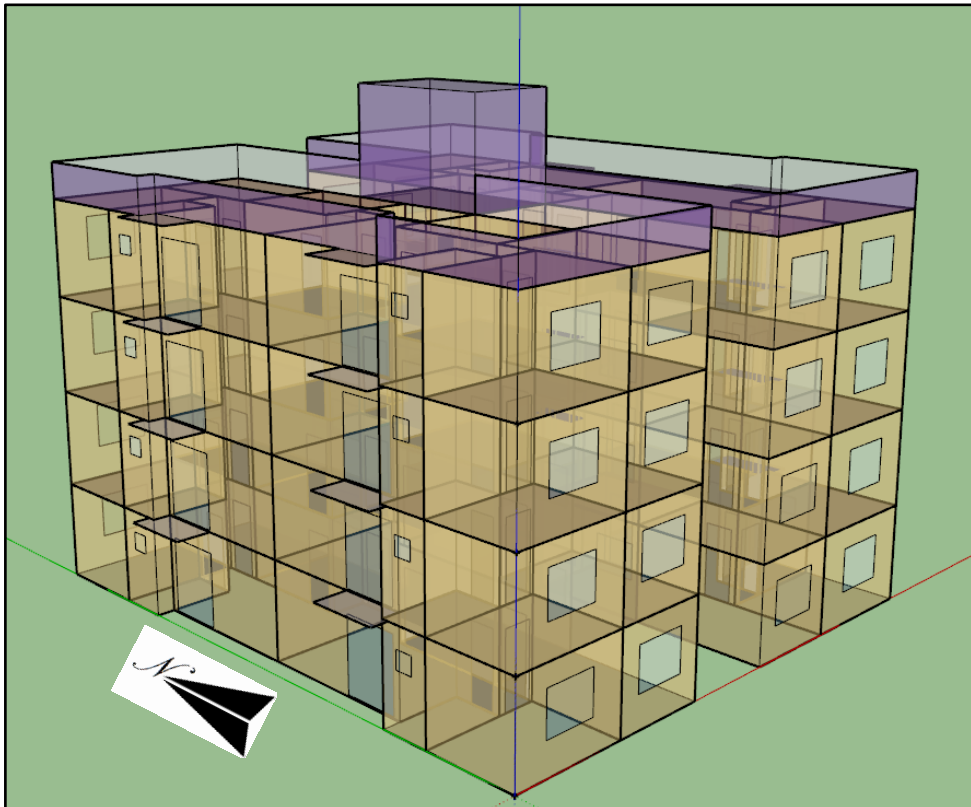
As Figuras 26 e 27 mostram o modelo da edificação do Residencial 3, com as vistas para a fachada Norte e Sul, respectivamente, sendo que as fachadas Leste-Oeste não possuem aberturas.

Figura 24 - Modelo do Residencial 10



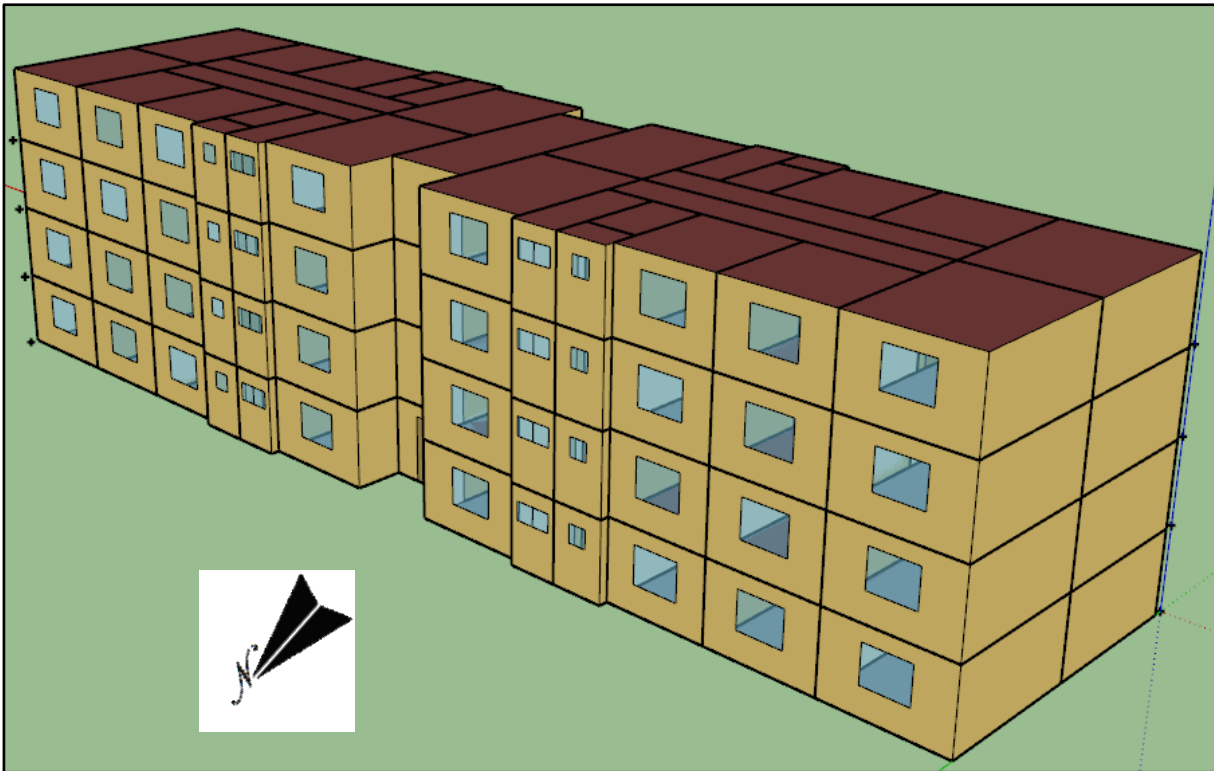
Fonte: Elaboração Própria

Figura 25 - Modelo com transparência do Residencial 10



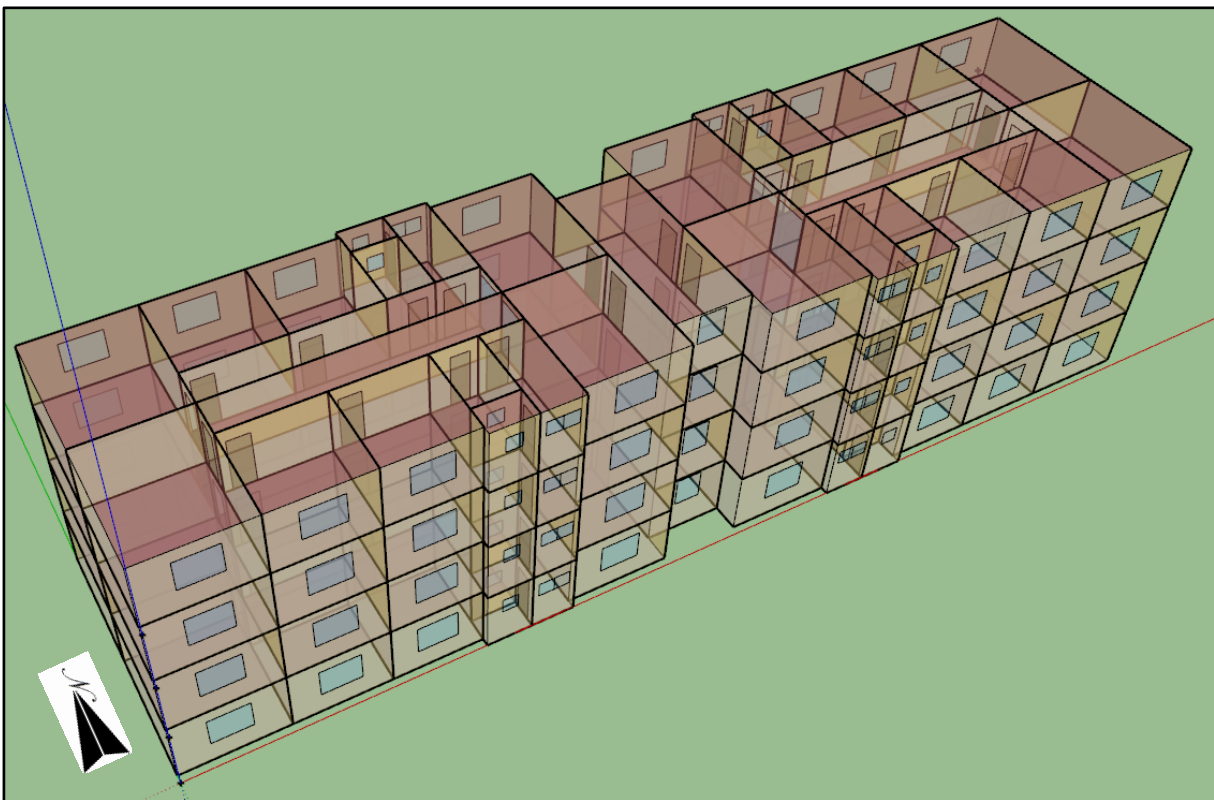
Fonte: Elaboração Própria

Figura 26 - Modelo do Residencial 3



Fonte: Elaboração Própria

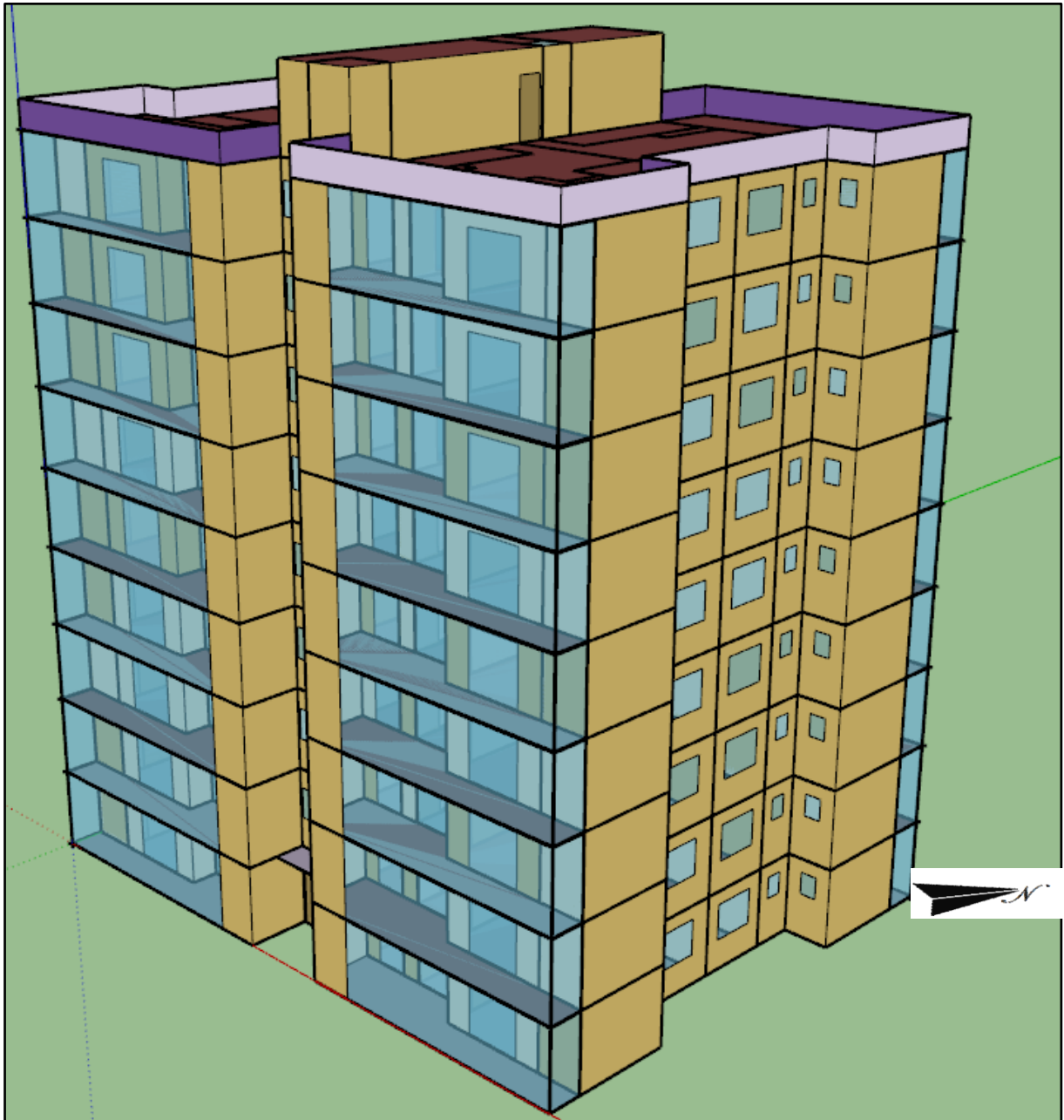
Figura 27 - Modelo com transparência do Residencial 3



Fonte: Elaboração Própria

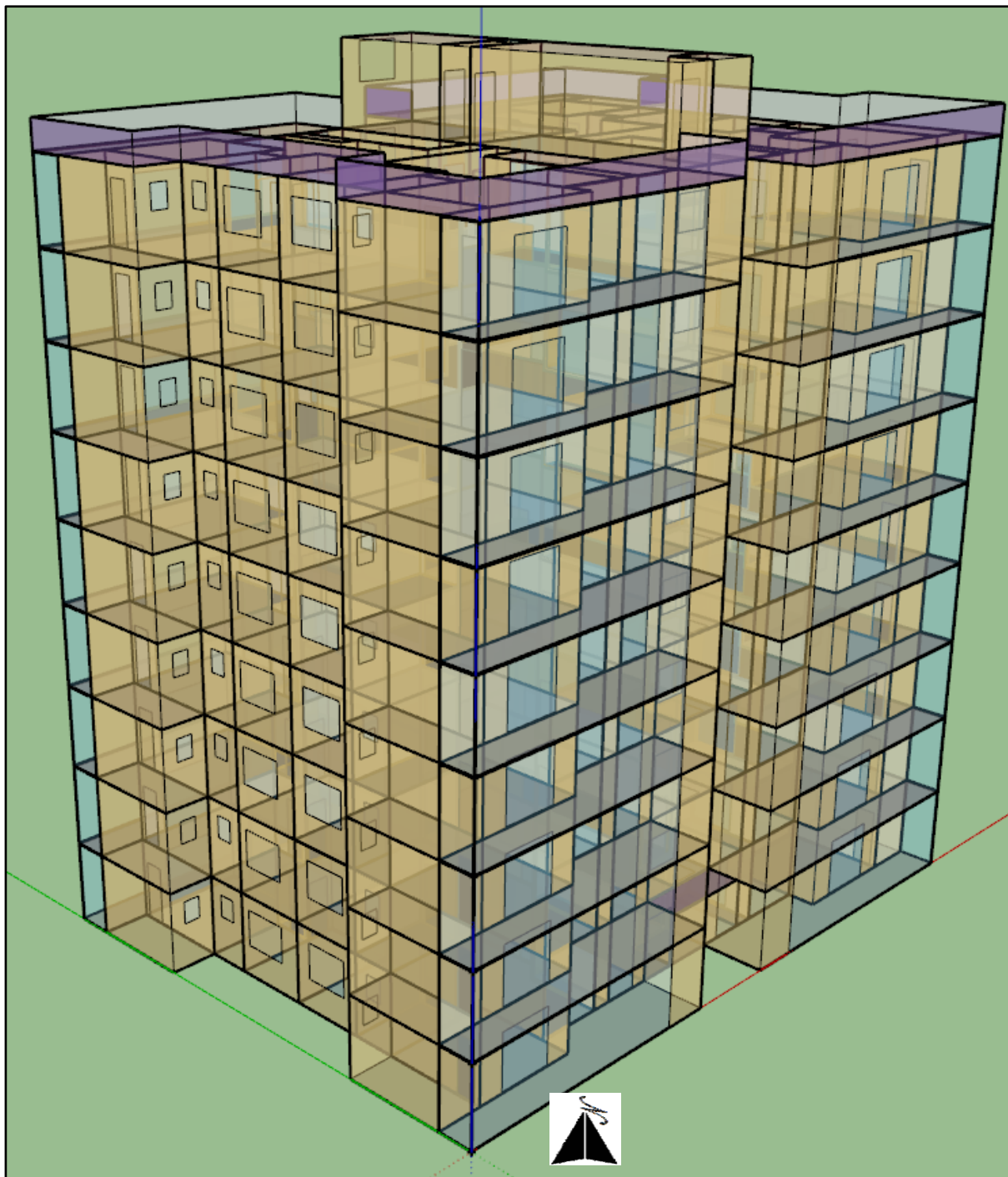
Na Figura 28 pode-se visualizar o modelo 3D da fachada Sudeste (SE) e Nordeste (NE) para o modelo sólido e as fachadas Sudoeste (SO) e Sudeste (SE) para o modelo com transparência, na Figura 29.

Figura 28 - Modelo do Residencial 11



Fonte: Elaboração Própria

Figura 29 - Modelo com transparência do Residencial 11



Fonte: Elaboração Própria

4.3.2.1 Características Construtivas da Envoltória

Neste item são descritas as características das Paredes, Portas e Pisos externos e internos, assim como as Lajes, Coberturas e Janelas para cada edificação apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Características Construtivas das Edificações

Residencial:	Residencial 10	Residencial 3	Residencial 11
Tipo de Laje	Pré-moldada com tavelas cerâmicas (18 cm)	Pré-moldada de concreto armado (20 cm)	Pré-moldada com tavelas cerâmicas (12 cm)
Espessura das Paredes Externas	20 cm	25 cm	12 cm
Composição da Parede Externa (da parte interna para externa)	Argamassa (2,5 cm) + Bloco Cerâmico Estrutural (14 cm) + Argamassa (2,5 cm) + Textura (1 cm)	Argamassa (2,5 cm) + Tijolo Maciço (19 cm) + Argamassa (2,5 cm) + Textura (1 cm)	Massa de Gesso (0,5 cm) + Concreto (9 cm) + Argamassa (2,5 cm)
Espessura das Paredes Internas	19 cm	19 cm	10 cm
Composição da Parede Interna (da parte interna para interna)	Argamassa (2,5 cm) + Bloco Cerâmico Estrutural (14 cm) + Argamassa (2,5 cm)	Argamassa (2,5 cm) + Tijolo Maciço (14 cm) + Argamassa (2,5 cm)	Massa de Gesso (0,5 cm) + Concreto (9 cm) + Massa de Gesso (0,5 cm)
Cozinha possui revestimento cerâmico?	sim, até 1,5 m	variável*	em uma parede, até o teto
Tipo de revestimento cerâmico	comum	comum	comum
Banheiro possui revestimento cerâmico?	sim, até o teto	variável**	sim, até o teto
Tipo de revestimento cerâmico	azulejo	azulejo	pastilhas
Portas Internas	em madeira oca (4 cm)	em madeira (4 cm)	em madeira semi-oca (4 cm)
Portas Externas	em madeira (5 cm) e vidro temperado (6 mm)	em madeira (6 cm)	em madeira maciça (4 cm) e vidro temperado fosco (6 mm)
Janelas/Portas dos Quartos	de alumínio com vidro simples (4 mm)	de aço com vidro simples (4 mm) e persiana embutida externa de PVC	em alumínio com vidro simples (4 mm)
Janelas dos Banheiros	em alumínio com vidro simples (4 mm)	em alumínio com vidro simples jateado (4 mm)	em alumínio com vidro simples (4 mm)
Janela da Cozinha e/ou Serviço	em alumínio com vidro simples (4 mm)	de aço com vidro simples (4 mm)	-
Janela/Porta da Sala	em alumínio com vidro simples (4 mm)	de aço com vidro simples (4 mm)	em alumínio com vidro simples (4 mm)
Cobertura	com telhas de fibrocimento (80 cm)	laje impermeabilizada (22 cm)	laje impermeabilizada (14 cm)

*alguns apartamentos apresentavam revestimento até o teto, outros até 1,5 m e outros não possuíam, para fins de cálculo não utilizou revestimento nestas áreas na simulação priorizando o pior caso.

**alguns possuíam placas de gesso até o teto, outros azulejos até 1,5 m, outros nenhum tipo de revestimento, para fins de cálculo não utilizou revestimento nestas áreas na simulação priorizando o pior caso.

Fonte: Elaboração Própria

4.3.2.2 Dados Gerais do Sistema de Iluminação

As cargas internas de iluminação são de lâmpadas fluorescentes compactas em sua maioria, mas por se tratar de edificações multifamiliares elas possuem uma potência variável que ficam à critério de cada proprietário e de difícil mensuração de carga, visto que não adentrou-se em cada apartamento para este levantamento detalhado. Por isso usou-se um valor médio tabelado segundo a norma NBR 16401-1 (ABNT, 2008, p. 54) que se refere ao Anexo C – Fontes Internas de Calor e Umidade, Tabela C.2.

4.3.2.3 Dados Gerais de Cargas Internas de Equipamentos

Tanto como para a iluminação as cargas internas de equipamentos também foram estimadas segundo a norma NBR 16401-1 (ABNT, 2008, p. 56) do Anexo C – Fontes Internas de Calor e Umidade, Tabela C.6.

4.3.2.4 Padrões de Uso (Ocupação, Iluminação e Equipamentos)

Os padrões de uso da edificação, cargas internas, para as simulações foram estimados e adotados conforme as normativas vigentes conforme citado nos capítulos anteriores. Para os três residenciais adotou-se os mesmos valores de padrão de uso.

O valor de taxa típica de calor liberado pelo metabolismo humano em uma atividade moderada em ambiente de apartamentos é de 130 W, sendo 75 de calor sensível e 55 de calor latente, segundo a NBR 16401-1 (ABNT, 2008, p. 53), adotou-se estes valores considerando que havia pelo menos duas pessoas em cada zona térmica (ambiente).

Foi considerado a taxa típica de dissipação de calor pela iluminação para locais residências, onde o tipo de iluminação é proveniente de lâmpadas fluorescentes compactas e a potência dissipada é igual a 9 W/m² e um nível de iluminação de 150 lux, conforme item 4.3.2.2.

Para a estimativa de equipamentos ligados usou-se uma densidade típica para o tipo de carga leve igual a 5,4 W/m², sendo este valor adotado a fim de não considerar este parâmetro como sendo zero assumindo um valor mínimo.

4.3.3 Taxas de Renovação de Ar

Em conformidade com a ABNT NBR 16401-1/2008.

4.3.3.1 Condições Internas

As condições internas são de temperatura de zona em evolução livre, sem interferência de máquina de condicionamento de ar, por isso não há *setpoint* de operação.

4.3.3.2 Renovação de Ar

O sistema não prevê renovação de ar. Não foi considerado na simulação das edificações reais.

4.3.3.3 Infiltração

Como taxa de infiltração foi considerado o valor de 0,8 REN/h de acordo com CIBSE (2006, p. 24) tabela 4.16. Para os ambientes de permanência transitória, como banheiros e escadas foi considerado uma taxa de 1 renovação de ar por hora (REN/h).

4.3.4 Temperatura do Solo

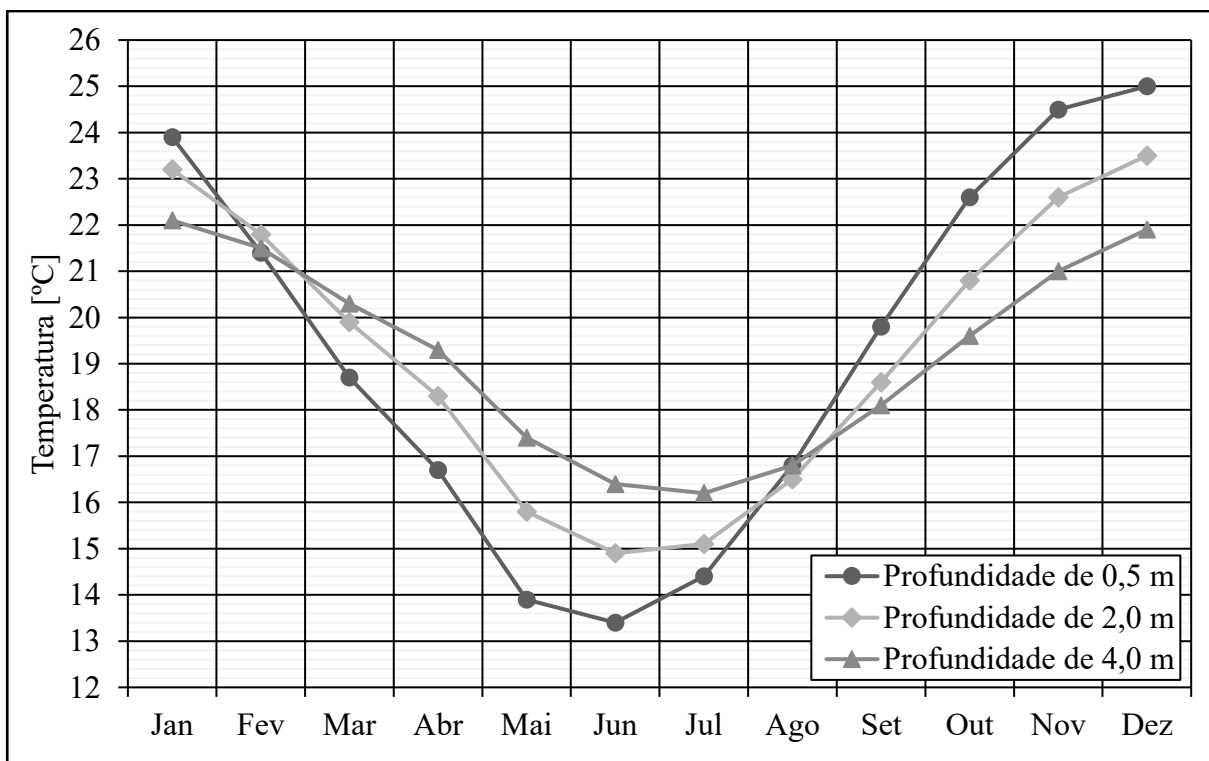
Os valores para a temperatura do solo foram retirados do arquivo climático de Alegrete, BRA_RS_Alegrete.869750_INMET.stat, disponível no site do LabEEE em diferentes pontos de profundidade, à 0,5, 2 e 4 metros. O Gráfico 2 mostra a variação destes valores, sendo que para as simulações em questão adotou-se apenas o valor na profundidade de 0,5 m conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 –Dados para a Configuração da Temperatura do Solo, grifo dados usados

Meses do ano	Profundidade		
	0,5 m	2,0 m	4,0 m
Janeiro	23,90	23,20	22,10
Fevereiro	21,40	21,80	21,50
Março	18,70	19,90	20,30
Abril	16,70	18,30	19,30
Maio	13,90	15,80	17,40
Junho	13,40	14,90	16,40
Julho	14,40	15,10	16,20
Agosto	16,80	16,50	16,80
Setembro	19,80	18,60	18,10
Outubro	22,60	20,80	19,60
Novembro	24,50	22,60	21,00
Dezembro	25,00	23,50	21,90

Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 3 – Temperaturas do Solo, Alegrete/RS



Fonte: Elaboração Própria

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 DESEMPENHO ATUAL

Nesta seção são apresentados resumos do desempenho obtido nas simulações das edificações. Estas tabelas resumos apresentam uma amostra dos resultados completos anexados nos Apêndices B, C e D.

5.1.1 Residencial 10

O Apêndice E oferece uma legenda dos critérios de classificação da NBR 15.575 (ABNT, 2013) para uma melhor ilustração dos resultados exibidos nas últimas colunas de cada solstício, sendo que o índice ‘M’ a zona se classifica com um desempenho mínimo, ‘I’ intermediário, ‘S’ superior e ‘N.A.’ como não atende os requisitos mínimos exigidos pela norma. Esta mesma legenda pode ser usada para a interpretação dos resultados resumidos nestas subseções.

A seguir são expostos nas Tabelas 11 e 12 um resumo dos resultados de temperaturas mínimas e máximas encontradas no interior da edificação para o período de inverno e verão, respectivamente.

Tabela 11 –Resumo para verificação no solstício de inverno, do Residencial 10

Fachada	Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma
				T _{ímín.}	Te- mín.	ΔT	
				°C			
Sul e Leste	Apartamento 101	Z1	Dorm.	6,3	0,1	6	I
		Z2	Dorm.	6,6	0,2	6	I
		Z3	Ban.	6,1	0,4	6	I
		Z4	Sala	5,8	0,5	5	I
		Z5	Coz.	5,3	0,6	5	M

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 12 –Resumo para verificação no solstício de verão, do Residencial 10

Fachada	Local	Zona	Cômodo	Verão			Classificação da norma
				T _{imáx.}	Te- máx.	ΔT	
				°C			
Norte e Oeste	Apartamento 403	Z1	Dorm.	33,9	34,2	0	M
		Z2	Dorm.	33,4	34,2	-1	M
		Z3	Ban.	33,3	34,2	-1	M
		Z4	Sala	33,6	34,2	-1	M
		Z5	Coz.	33,8	34,1	0	M

Fonte: Elaboração Própria

As temperaturas mais críticas no período de inverno estão localizadas nas cozinhas da edificação, principalmente na da fachada Sul, mas em praticamente todos os casos este ambiente recebe classificação como tendo um desempenho mínimo, consequentemente atendendo os critérios de qualidade da ABNT NBR 15.575 de 2013.

A Tabela 12 mostra o apartamento que possui o menor desempenho em todo o prédio onde o dormitório da fachada oeste e a cozinha chegaram a obter a mesma temperatura que o ar exterior, mas em instantes diferentes do dia.

Para o solstício de inverno 7,5% da edificação obteve desempenho mínimo, 48,75% intermediário e 43,75% superior; para o solstício de verão 63,75% dela apresentou desempenho mínimo, 29,75% intermediário e apenas 7,5% superior.

5.1.2 Residencial 3

O Residencial 3 apresentou em 33% dos casos um desempenho mínimo (M), 47% das zonas obtiveram um desempenho intermediário (I) e 20% superior (S) para a situação de verão. E obteve-se em 55,3% dos cômodos desempenho mínimo (M), 40,2% desempenho intermediário (I) e 4,5% desempenho superior (S) para os parâmetros de temperatura mínima no solstício de inverno.

Mostra-se na Tabela 13 um resumo dos resultados de temperaturas mínimas encontradas no interior da edificação no período de inverno.

Tabela 13 –Resumo para verificação no solstício de inverno, do Residencial 3

Fachada	Local	Zona	Inverno			Classifi- cação da norma
			T _{ímín.}	T _{emín.}	ΔT	
			°C			
Sul	203	Z6	9,0	4,9	4,1	M
		Z7	8,4	3,9	4,5	M
		Z8	8,4	3,8	4,6	M
	204	Z7	6,9	1,3	5,6	I
		Z8	6,4	1,3	5,1	I
	303	Z6	7,5	2,8	4,7	M
		Z7	7,4	3,2	4,2	M
		Z8	7,3	3,2	4,1	M
	304	Z7	8,9	5,8	3,1	M
		Z8	8,9	5,4	3,5	M

Fonte: Elaboração Própria

Apresenta-se na Tabela 14 um resumo dos resultados de temperaturas máximas encontradas no interior da edificação para o período de verão.

Tabela 14 –Resumo para verificação no solstício de verão, do Residencial 3

Fachada	Local	Zona	Verão			Classifi- cação da norma
			T _{ímáx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C			
Norte	301	Z6	27,9	32,1	-4,2	S
		Z7	26,8	31,6	-4,8	S
		Z8	27,1	31,4	-4,3	S
	302	Z6	30,0	32,9	-2,9	I
		Z7	29,3	32,7	-3,4	I
		Z8	28,2	32,0	-3,8	I
	401	Z6	29,6	32,0	-2,4	I
		Z7	28,6	30,6	-2,0	I
		Z8	31,0	33,7	-2,7	I
	402	Z6	29,3	31,7	-2,4	I
		Z7	28,3	30,9	-2,6	I
		Z8	32,0	33,7	-1,7	M

Fonte: Elaboração Própria

5.1.3 Residencial 11

A Tabela 15 apresenta um resumo do Residencial 11, sendo que apenas buscou-se mostrar que na maioria dos casos para o solstício de inverno o ambiente das varandas atendia o parâmetro mínimo da norma com temperaturas superiores em 3° C que as exteriores, mas os dormitórios e outros cômodos obtiveram temperatura inferiores o que resultou no não atendimento da normativa.

Tabela 15 –Resumo para verificação no solstício de inverno, do Residencial 11

Fachada	Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma
				T _{min.}	T _{emin.}	ΔT	
				°C			
Sudeste	303	Z2	Dorm.	9,5	6,8	2,7	N.A.
		Z7	Va-randa	10,5	6,9	3,6	M
	403	Z2	Dorm.	10,1	7,3	2,8	N.A.
		Z7	Va-randa	12,8	7,3	5,5	I
	503	Z2	Dorm.	10,2	7,6	2,6	N.A.
		Z7	Va-randa	11,8	7,7	4,1	M
	603	Z2	Dorm.	11,8	8,1	3,7	M
		Z7	Va-randa	11,0	8,1	2,9	N.A.
	703	Z2	Dorm.	10,9	8,5	2,4	N.A.
		Z7	Va-randa	11,5	8,5	3,0	M
	803	Z2	Dorm.	11,9	8,8	3,1	M
		Z7	Va-randa	12,1	8,9	3,2	M
	903	Z2	Dorm.	12,1	9,2	2,9	N.A.
		Z7	Va-randa	12,6	9,2	3,4	M

Fonte: Elaboração Própria

Tanto para a situação de inverno como para a de verão 48,3% dos cômodos analisados não obtiveram um desempenho mínimo, ou seja, não atendo a normativa (ABNT NBR 15.575, 2013). Sendo que, ainda outros cômodos obtiveram 47,9% e 51,7% de desempenho mínimo nas

avaliações de inverno e verão, respectivamente. E apenas no solstício de inverno que houveram zonas térmicas com classificação intermediária e superior, respectivamente, em 3,5% e 0,3%. Estes valores foram introduzidos na Tabela 16.

Tabela 16 –Classificação Geral

Classificação segundo a norma	Solstício de Inverno		Solstício de Verão	
	nº Zonas	Taxa de Classificação	nº Zonas	Taxa de Classificação
N.A.	139	48,3%	139	48,3%
M	138	47,9%	149	51,7%
I	10	3,5%	0	0,0%
S	1	0,3%	0	0,0%

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 17 apresenta um resumo dos resultados de temperaturas máximas ocorridas nos ambientes interiores da edificação.

Tabela 17 –Resumo para verificação no solstício de verão, do Residencial 11

Fachada	Local	Zona	Cômodo	Verão			Classificação da norma
				Ti _{máx.}	Te _{máx.}	ΔT	
				°C			
704	Z2	Dorm.	29,8	29,0	0,8	N.A.	
	Z5	Coz.	28,1	28,1	0,0	N.A.	
	Z6	Sala	27,7	28,4	-0,7	M	
	Z7	Varand.	27,6	28,6	-1,0	M	
801	Z2	Dorm.	29,5	29,8	-0,3	M	
	Z5	Coz.	27,4	27,3	0,1	N.A.	
	Z6	Sala	33,8	33,6	0,2	N.A.	
	Z7	Varand.	33,8	33,5	0,3	N.A.	
804	Z2	Dorm.	28,0	28,5	-0,5	M	
	Z5	Coz.	29,0	28,2	0,8	N.A.	
	Z6	Sala	28,6	28,7	-0,1	M	
	Z7	Varand.	28,5	26,9	1,6	N.A.	
901	Z2	Dorm.	30,6	31,0	-0,4	M	
	Z5	Coz.	29,9	29,4	0,5	N.A.	
	Z6	Sala	29,3	30,2	-0,9	M	
	Z7	Varand.	29,1	28,3	0,8	N.A.	
904	Z2	Dorm.	31,8	30,5	1,3	N.A.	
	Z5	Coz.	29,5	29,6	-0,1	M	
	Z6	Sala	28,8	28,6	0,2	N.A.	
	Z7	Varand.	28,0	28,6	-0,6	M	

Fonte: Elaboração Própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho obteve todos os objetivos pretendidos, com a aquisição do banco de dados climático para a cidade de Alegrete/RS em um período de 10 anos e com este banco de dados foi possível realizar a simulação dos condomínios habitacionais multifamiliares identificados na cidade com mais de um bloco.

Com a avaliação de desempenho térmico edificação mais antiga, de estrutura de concreto armado, apresentou um melhor desempenho no período de verão, provavelmente por possuir uma grande inércia térmica o que diminuiu seu rendimento no período de inverno, mas atendeu satisfatoriamente as condições da norma.

A edificação de alvenaria estrutural apresentou um desempenho três vezes melhor no período de inverno do que no verão, sendo que mais de 56% das horas de desconforto estão associadas a este período do ano para o clima de Alegrete, logo, atendeu com qualidade a norma de desempenho.

Também realizou-se a simulação do modelo real do Residencial 11 (estrutura de concreto com paredes portantes de 12 cm), e após verificar o não atendimento da norma efetivou-se uma segunda simulação com mudança das superfícies translúcidas (somente utilizando um vidro de melhor fator solar). Nesta nova simulação ainda não foi obtido o nível de desempenho mínimo. O processo de simulação utiliza um modelo com simplificações, como: a não modelagem de lareiras, escadas sem seus respectivos patamares, condições de renovação de ar constantes, sem mobiliários e equipamentos padronizados. Estes fatores ajustados podem trazer melhorias ao desempenho e como nesta edificação haviam lareiras em todas as salas das habitações há a possibilidade de encontrar outro nível de desempenho no solstício de inverno. Entende-se que a solução ao Residencial 11 para atingir os critérios mínimos da norma implicam em modificações estruturais e não condiz com os objetivos deste trabalho. Sendo assim, com as características atuais faz-se necessário buscar métodos de condicionamento artificial para esta edificação. Portanto as sugestões de melhorias ficaram implícitas, para que em outro momento possa-se buscar alguma alternativa que atenda os critérios mínimos de desempenho da norma e, assim, não houve necessidade de realizar um levantamento de custos.

Este trabalho pode ser utilizado para outros tipos de análises, como as com equipamentos de geração de energia e sistemas de refrigeração, e as simulações ainda podem ser aprimoradas a fim de se obter modelos de referência ótimos.

Analisando os resultados obtidos, fica evidente a necessidade de mais simulações termoenergéticas para as futuras construções, com o intuito principal de redução de custo na escolha estrutural, obtenção de um desempenho térmico mínimo e economia em energia elétrica ao longo da sua vida útil das edificações.

7 REFERÊNCIAS

- ALCHIMISTA E OUTROS. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. *Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported*. Artigo nº 68. 7 p. 2017?. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica_o_Clim_tica_Koppen.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2018.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITONING ENGINEERS. *ASHRAE – Handbook of Fundamentals*. 892 p. New York, USA, 2005.
- _____. *ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. ASHRAE: Atlanta, GA, USA, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 15220-1 Desempenho Térmico de Edificações. **Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. 8 p. Rio de Janeiro, Abril de 2005.
- _____. ABNT – NBR 15220-2 Desempenho Térmico de Edificações. **Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. 34 p. Rio de Janeiro, Abril de 2005.
- _____. ABNT – NBR 15220-3 Desempenho Térmico de Edificações. **Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. 30 p. Rio de Janeiro, Abril de 2005.
- _____. ABNT – NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho. **Parte 1: Requisitos Gerais**. 71 p. Rio de Janeiro, Fevereiro de 2013.
- _____. ABNT – NBR 15575-4 Edificações habitacionais – Desempenho. **Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. 63 p. Rio de Janeiro, Fevereiro de 2013.
- _____. ABNT – NBR 15575-5 Edificações habitacionais – Desempenho. **Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**. 73 p. Rio de Janeiro, Fevereiro de 2013.
- _____. ABNT – NBR 16401-1 Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. **Parte 1: Projetos das Instalações**. 66 p. Rio de Janeiro, Setembro de 2008.
- BOGO, A.; et al. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando Conforto Térmico**. Relatório Interno nº 02/94, Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 1994. 83 p.

BRASIL. Lei Complementar Nº 21 de 16 de Outubro de 2006. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Alegrete. Rio Grande do Sul: Alegrete, 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2015.

CAROTENUTO, A. R. S. **Análise do Desempenho Termoenergético de um Prédio Histórico de Elevada Inércia Térmica**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

CONSTRUTORA B. Imagem Residencial 12. Disponível em: <<http://sotrin.com.br/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

CONSTRUTORA C. Imagens Residencial 12 e 9. Disponível em: <<http://www.rittempreendimentos.com.br/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

COPSTEIN, G. **Estrutura Urbana de Alegrete**. Boletim Gaúcho de Geografia, nº 8: 3-32. 29 p. Maio, 1980. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37649/24299>>. Acesso em: Outubro de 2017.

DEPARTMENT OF ENERGY – DOE. *Building Energy Software Tools*, IBPSA-USA, *Formerly hosted by US Dept. of Energy*. **Best Directory**. Link para acesso: <<http://www.buildingenergysoftwaretools.com/>>. Acesso em: Fevereiro de 2017.

DEPARTMENT OF ENERGY – DOE. **EnergyPlus**: version 8.5 Available at: <<https://energyplus.net/>> Acesso em: Novembro de 2016.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2015**: Ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. MME – Ministério de Minas e Energia.

FONTER IMOBILIÁRIA. **Residencial 8**. Disponível em: <<https://img.jetimob.com/O4xVGdQZe4jqU37nVzYo6EBxSkEmOGQ2ixCZ1i2eGSop6B1zQ/jardim-1.jpg>>. Acesso em: Outubro de 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p.

GELLER, H. S. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de Desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro, INEE, 1991.

GOOGLE STREET VIEW. Imagens Conjuntos Habitacionais de Alegrete/RS, Captura da Imagem em Maio de 2012 ou Agosto de 2011. **Google Brasil** © 2017. Disponível em: <<https://www.google.com/streetview/>>. Acesso em: Outubro de 2017.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO 7730. **Ergonomics Of the Thermal Environment** – *Analytical Determination and Interpretation Of Thermal Comfort Using Calculation Of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*. Geneva, Switzerland. 3ª Edição, 2005. 52 p.

KUSUDA, T. **NBSLD**, computer program for heating and cooling loads in buildings. Final Report National Bureau of Standards, Washington, DC. Center for Building Technology. Edition -1, 1974. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/234189392_NBSLD_computer_program_for_heating_and_cooling_loads_in_buildings>. Acesso em: Janeiro de 2018.

LABEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, ECV – Departamento de Engenharia Civil. Núcleo de Pesquisas em Construções. **Analysis Bio**. Versão 2.1.1. 2009a.

LABEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, ECV – Departamento de Engenharia Civil. Núcleo de Pesquisas em Construções. **Analysis Sol-ar**. Versão 6.2. 2009b.

LABEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Downloads, **Arquivos climáticos**. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: Outubro de 2017.

LAMBERTS, R. A. **Desempenho Térmico de Edificações**. — Florianópolis: Mineo, 2000. 90 p.

LAMBERTS, R. A., DUTRA, L. & PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. São Paulo: PW, 2014. 366 p.

LIBRELOTTO, L. I. et al. A Teoria do Equilíbrio: **Alternativas para a Sustentabilidade na Construção Civil**. 350 p.: il color. Florianópolis: DIOESC, 2012.

MEDEIROS, L. **As Cidades no Rio Grande do Sul**. Em Rio Grande do Sul, Terra e Povo. Ed. Globo, P.A. 109 p. 1964.

MENDES, N. et al. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Revista Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, p. 47–68, Out./Dez. 2005.

- MÜLLER, R. W. **Estudo da Eficiência Energética e Conforto Térmico de um Prédio Universitário via Simulação com o EnergyPlus**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Mecânica, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- PANNO, P. **Tecnologias de Arrefecimento Térmico em Telhados para Condicionamento Ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete. Alegrete. 2017. 91 p. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/rii/1982>>. Acesso em: Outubro de 2017.
- PEDRINI, A.; S. SZOKOLAY. Recomendações para o desenvolvimento de uma ferramenta de suporte às primeiras decisões projetuais visando o desempenho energético de edificações de escritório em clima quente. **Revista Ambiente Construído**, jan./mar. 2005.
- PICCOLI JUNIOR, L. A. **Adequação de uma Casa Protegida pela Terra ao Conforto Térmico e Eficiência Energética**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Mecânica, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Dados Climáticos**. Desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina, em parceria com: LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações; Calebe Design; e Creato. Mantido por Global Environment Facility; Eletrobrás; Programa Nacional de Desenvolvimento; e Ministério do Meio Ambiente. Governo Federal. Brasília DF, 2018. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/>>. Acesso em: Janeiro de 2018.
- SANTOS, L. G. R.; et. al. **Simulação computacional termoenergética na arquitetura: Avaliação do desempenho térmico de uma edificação de ensino localizada em Brasília DF**. *Arquitextos São Paulo*, ano 17, n. 203.04, Vitruvius, abr. 2017. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.203/6525>>. Acesso em: Janeiro de 2018.
- SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575**. Paranoá, Brasília, n. 12, p. 13-22, 2014.
- UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa, *campus* Alegrete. **Características do Alegrete**. Disponível em: <http://porteiros.unipampa.edu.br/alegrete/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=58>. Acesso em: Novembro de 2017.

7.1 Softwares Utilizados

Analysis Bio, Versão 2.1.1. 2009a. O software auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Utiliza tanto arquivos climáticos anuais e horários como arquivos resumidos na forma de normais climatológicas. Desenvolvido e mantido pelo LabEEE da UFSC. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>>. Acesso em: Outubro de 2017.

Analysis Sol-Ar, Versão 6.2. 2009b. É um programa gráfico que permite a obtenção da carta solar da latitude especificada, permite a visualização de intervalos de temperatura anuais correspondentes às trajetórias solares ao longo do ano e do dia e oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e velocidade média para cada estação do ano em oito orientações. Desenvolvido e mantido pelo LabEEE da UFSC. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>>. Acesso em: Outubro de 2017.

EnergyPlus, Versão 8.8.0. 2017. É um programa completo de simulação de energia de edifícios que engenheiros, arquitetos e pesquisadores que o usam para modelar o consumo de energia - para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação, enchimento e processamento de cargas - e uso de água em edifícios. O EnergyPlus é gratuito, de código aberto e de plataforma cruzada. Ele é executado nos sistemas operacionais Windows, Mac OS X e Linux. Seu desenvolvimento é financiado pelo Escritório de Tecnologias de Construção (BTO) do Departamento de Energia dos EUA (DOE). Junto com o OpenStudio, o EnergyPlus faz parte do portfólio de programas de modelagem de energia do edifício da BTO. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

Google SketchUp, Versão Make. 2017. É um software próprio para a criação de modelos em 3D no computador. Foi originalmente desenvolvido pela At Last Software (@last software), uma empresa estadunidense com sede em Boulder, Colorado, a qual foi adquirida pela Google, como anunciado a 14 de Março de 2006. Em 2012 Trimble Navigation adquiriu o programa. O SketchUp está disponível em duas versões: a versão profissional, Pro, e a versão gratuita, Make, (para uso privado, não comercial). Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR/programs/sketchup-story>>. Acesso em: Outubro de 2017.

Legacy Open Studio, Versão 2.3.0. 2017. É uma coleção de plataformas cruzadas (Windows, Mac e Linux) para suportar a modelagem de energia de construção integral usando o EnergyPlus e a análise avançada de luz natural usando o Radiance. O OpenStudio é um projeto de código aberto (LGPL) para facilitar o desenvolvimento da comunidade, a extensão e a adoção do setor privado. O OpenStudio inclui interfaces gráficas, juntamente com um Software Development Kit (SDK). Disponível em: <<https://www.openstudio.net/>>. Acesso em: Outubro de 2017.

APÊNDICE A

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Instruções Gerais

Para a realização das entrevistas será necessário o maior número de moradores possível, sendo que, o mínimo desejável é de um morador por apartamento. Tendo concluído a entrevista com pelo menos um morador de cada unidade habitacional estará concluído o objetivo desta entrevista no local iniciado partindo, assim, para o próximo conjunto habitacional.

- ✓ Antes da entrevista deve-se ANOTAR as condições climáticas do dia e hora, sendo elas:
 - a) Temperatura do ar a 1,1 m do piso;
 - b) Temperatura Radiante na altura do piso;
 - c) Umidade Relativa (está chovendo?);
 - d) Direção e Velocidade do Vento;
 - e) Índice de Radiação (do dia);
 - f) Pressão Barométrica (hPa); e
 - g) Tipo de céu (Claro, Parcialmente Encoberto ou Encoberto).
- ✓ A cada DUAS horas de entrevistas deve-se verificar se não modificaram as condições climáticas do tempo. Caso afirmativo, anotar estas condições alteradas.









Roteiro da Entrevista

Informar ao morador que esta é uma entrevista para um Trabalho de Conclusão de Curso que avalia as condições térmicas dos Conjuntos Habitacionais de Alegrete comparando com as novas Normativas Brasileiras de Desempenho.

Informar, também que, esta entrevista tem duração máxima de 15 min e as informações pessoais coletadas NÃO serão divulgadas. A entrevista está contida em um formulário dividido em duas etapas; Etapa da Identificação do morador (o entrevistado) com a coleta de suas informações pessoais e Etapa do Voto (PMV) relativo à sua sensação térmica no momento da entrevista em três cômodos diferentes do seu apartamento.

Frisar que somente a segunda etapa será publicado os resultados para estabelecer o índice de conforto do seu edifício. Agradecer a cedência do tempo e com a permissão dizer que irá iniciar a entrevista.

FORMULÁRIO PARA PREENCHIMENTO DO ENTREVISTADOR:

Etapa 1 – da Identificação		Data/Hora/Nº:	
Nome:		Faixa Etária:	<input type="checkbox"/> 5-15 anos; <input type="checkbox"/> 16-30 anos; <input type="checkbox"/> 31-45 anos; <input type="checkbox"/> 46-60 anos; <input type="checkbox"/> 60 anos ou mais;
Sexo:	<input type="checkbox"/> Feminino; <input type="checkbox"/> Masculino.	Ocupação:	
Endereço:		Escolaridade:	<input type="checkbox"/> Não alfabetizado; <input type="checkbox"/> Fundamental incompleto; <input type="checkbox"/> Fundamental completo; <input type="checkbox"/> Ensino médio incompleto; <input type="checkbox"/> Ensino médio completo; <input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto; <input type="checkbox"/> Ensino superior completo;
Moradia:	<input type="checkbox"/> Aluga, valor médio R\$ _____; <input type="checkbox"/> Própria, pagou R\$ _____; <input type="checkbox"/> Financiado pela Caixa (CEF); <input type="checkbox"/> Financiado outro; <input type="checkbox"/> Não-financiado.		
Metabolismo no decorrer da entrevista (W):	<input type="checkbox"/> Deitado (80); <input type="checkbox"/> Sentado descansando (115); <input type="checkbox"/> Sentado com atividade leve (130); <input type="checkbox"/> Em pé com atividade leve (120); <input type="checkbox"/> Em pé com atividade média (145); <input type="checkbox"/> Trabalho leve em bancada (255); <input type="checkbox"/> Atividade de escritório (140); <input type="checkbox"/> Lavando Pratos (175); <input type="checkbox"/> Andando (220); <input type="checkbox"/> Descendo escada (420); <input type="checkbox"/> Subindo Escada (1280); <input type="checkbox"/> Atividade intensa (2400).	Tipo de Atividade Exercida ANTES:	<input type="checkbox"/> Deitado; <input type="checkbox"/> Sentado descansando; <input type="checkbox"/> Sentado com atividade leve; <input type="checkbox"/> Em pé com atividade leve; <input type="checkbox"/> Em pé com atividade média; <input type="checkbox"/> Trabalho leve em bancada; <input type="checkbox"/> Atividade de escritório; <input type="checkbox"/> Lavando Pratos; <input type="checkbox"/> Andando; <input type="checkbox"/> Descendo escada; <input type="checkbox"/> Subindo Escada; <input type="checkbox"/> Atividade intensa.
Vestimentas (clo): $\Sigma =$ _____	<input type="checkbox"/> Meia calça (0,1); <input type="checkbox"/> Meia fina (0,03); <input type="checkbox"/> Meia grossa (0,05); <input type="checkbox"/> Calcinha/sutiã (0,03); <input type="checkbox"/> Cueca (0,03); <hr/> <input type="checkbox"/> Short (0,11); <input type="checkbox"/> Bermuda (0,15); <input type="checkbox"/> Saia grossa (0,25); <hr/> <input type="checkbox"/> Camiseta de baixo (0,09); <input type="checkbox"/> Camisa de baixo mangas compridas (0,12); <input type="checkbox"/> Camisa manga curta (0,15); <input type="checkbox"/> Camisa fina de manga comprida (0,20); <input type="checkbox"/> Camisa manga comprida (0,25); <input type="checkbox"/> Blusa com mangas compridas (0,15).	<input type="checkbox"/> Colete em tecido leve (0,15); <input type="checkbox"/> Colete em tecido pesado (0,29); <input type="checkbox"/> Suéter em tecido pesado (0,37); <hr/> <input type="checkbox"/> Vestido leve (0,15); <input type="checkbox"/> Vestido grosso manda comprida (0,40); <hr/> <input type="checkbox"/> Jaqueta tecido leve (0,22); <input type="checkbox"/> Jaqueta tecido pesado (0,49); <hr/> <input type="checkbox"/> Calça fina (0,20); <input type="checkbox"/> Calça média (0,25); <input type="checkbox"/> Calça flanela (0,28); <hr/> <input type="checkbox"/> Sandálias (0,02); <input type="checkbox"/> Sapatos (0,04); <input type="checkbox"/> Botas (0,08).	
Etapa 2 – do Voto (PMV)		Entrevistado por:	
Quarto 1:	 <input type="checkbox"/> -3 ; <input type="checkbox"/> -2; <input type="checkbox"/> -1; <input type="checkbox"/> 0; <input type="checkbox"/> 1; <input type="checkbox"/> 2; <input type="checkbox"/> 3. 	Fachada Externa com a Face:	<input type="checkbox"/> N; <input type="checkbox"/> S; <input type="checkbox"/> L; <input type="checkbox"/> O.
Quarto 2:	 <input type="checkbox"/> -3 ; <input type="checkbox"/> -2; <input type="checkbox"/> -1; <input type="checkbox"/> 0; <input type="checkbox"/> 1; <input type="checkbox"/> 2; <input type="checkbox"/> 3. 		<input type="checkbox"/> N; <input type="checkbox"/> S; <input type="checkbox"/> L; <input type="checkbox"/> O.
Sala:	 <input type="checkbox"/> -3 ; <input type="checkbox"/> -2; <input type="checkbox"/> -1; <input type="checkbox"/> 0; <input type="checkbox"/> 1; <input type="checkbox"/> 2; <input type="checkbox"/> 3. 		<input type="checkbox"/> N; <input type="checkbox"/> S; <input type="checkbox"/> L; <input type="checkbox"/> O.
Cozinha:	 <input type="checkbox"/> -3 ; <input type="checkbox"/> -2; <input type="checkbox"/> -1; <input type="checkbox"/> 0; <input type="checkbox"/> 1; <input type="checkbox"/> 2; <input type="checkbox"/> 3. 		<input type="checkbox"/> N; <input type="checkbox"/> S; <input type="checkbox"/> L; <input type="checkbox"/> O.

APÊNDICE B

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 10

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{ímín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{ímáx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 101	Z1	Dorm.	6,3	0,1	6,2	I	34,3	37,7	-3,5	I
	Z2	Dorm.	6,6	0,2	6,4	I	34,9	37,6	-2,7	I
	Z3	Ban.	6,1	0,4	5,7	I	31,3	37,1	-5,9	S
	Z4	Sala	5,8	0,5	5,3	I	33,7	36,8	-3,2	I
	Z5	Coz.	5,3	0,6	4,7	M	31,0	36,7	-5,8	S
Apartamento 102	Z1	Dorm.	7,9	0,6	7,3	S	33,4	36,7	-3,4	I
	Z2	Dorm.	7,8	0,7	7,1	S	33,5	36,5	-3,1	I
	Z3	Ban.	7,1	0,7	6,4	I	31,8	36,5	-4,8	S
	Z4	Sala	7,1	0,7	6,4	I	33,9	36,5	-2,7	I
	Z5	Coz.	4,8	0,8	4,0	M	32,1	36,4	-4,4	S
Apartamento 103	Z1	Dorm.	13,0	0,8	12,2	S	34,8	36,4	-1,7	M
	Z2	Dorm.	9,2	0,9	8,3	S	33,1	36,3	-3,3	I
	Z3	Ban.	8,2	1,0	7,2	S	34,7	36,3	-1,7	M
	Z4	Sala	8,5	1,0	7,5	S	35,2	36,3	-1,2	M
	Z5	Coz.	11,6	1,0	10,6	S	32,4	36,2	-3,9	I
Apartamento 104	Z1	Dorm.	15,6	1,0	14,6	S	34,1	36,2	-2,2	I
	Z2	Dorm.	21,2	1,0	20,2	S	34,6	36,2	-1,7	M
	Z3	Ban.	6,3	1,1	5,2	I	33,5	36,1	-2,7	I
	Z4	Sala	7,4	1,1	6,3	I	32,3	36,0	-3,8	I
	Z5	Coz.	6,9	1,2	5,7	I	33,4	35,9	-2,6	I
Apartamento 201	Z1	Dorm.	6,2	1,2	5,0	I	34,4	35,9	-1,6	M
	Z2	Dorm.	10,0	1,2	8,8	S	33,7	35,7	-2,1	I
	Z3	Ban.	14,2	1,2	13,0	S	35,7	35,7	-0,1	M
	Z4	Sala	17,1	1,2	15,9	S	33,1	35,6	-2,6	I
	Z5	Coz.	8,1	1,2	6,9	I	33,6	35,6	-2,1	I
Apartamento 202	Z1	Dorm.	19,1	1,2	17,9	S	34,1	35,6	-1,6	M
	Z2	Dorm.	6,7	1,3	5,4	I	35,6	35,6	-0,1	M
	Z3	Ban.	6,7	1,3	5,4	I	31,8	35,5	-3,8	I
	Z4	Sala	6,8	1,3	5,5	I	34,0	35,5	-1,6	M
	Z5	Coz.	6,8	1,3	5,5	I	32,9	35,4	-2,6	I

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 203	Z1	Dorm.	15,1	1,3	13,8	S	35,0	35,4	-0,4	M
	Z2	Dorm.	8,0	1,4	6,6	I	32,2	35,3	-3,2	I
	Z3	Ban.	7,9	1,4	6,5	I	33,9	35,3	-1,5	M
	Z4	Sala	10,8	1,4	9,4	S	34,8	35,3	-0,5	M
	Z5	Coz.	12,6	1,4	11,2	S	32,7	35,2	-2,6	I
Apartamento 204	Z1	Dorm.	13,4	1,4	12,0	S	32,7	35,2	-2,6	I
	Z2	Dorm.	14,8	1,4	13,4	S	33,7	35,2	-1,6	M
	Z3	Ban.	16,0	1,4	14,6	S	34,3	35,2	-1,0	M
	Z4	Sala	18,3	1,4	16,9	S	34,8	35,2	-0,5	M
	Z5	Coz.	23,0	1,4	21,6	S	32,0	35,0	-3,1	I
Apartamento 301	Z1	Dorm.	6,9	1,5	5,4	I	33,1	35,0	-2,0	M
	Z2	Dorm.	7,0	1,5	5,5	I	33,6	35,0	-1,5	M
	Z3	Ban.	17,9	1,5	16,4	S	34,6	35,0	-0,5	M
	Z4	Sala	20,6	1,5	19,1	S	34,6	35,0	-0,5	M
	Z5	Coz.	7,4	1,5	5,9	I	33,0	34,9	-2,0	M
Apartamento 302	Z1	Dorm.	7,3	1,6	5,7	I	33,0	34,9	-2,0	M
	Z2	Dorm.	8,2	1,6	6,6	I	33,0	34,9	-2,0	M
	Z3	Ban.	8,4	1,6	6,8	I	34,5	34,9	-0,4	M
	Z4	Sala	9,4	1,6	7,8	S	34,5	34,9	-0,4	M
	Z5	Coz.	6,8	1,7	5,1	I	32,4	34,8	-2,5	I
Apartamento 303	Z1	Dorm.	5,3	1,7	3,6	M	34,0	34,8	-0,8	M
	Z2	Dorm.	8,9	1,7	7,2	S	34,5	34,8	-0,3	M
	Z3	Ban.	9,4	1,7	7,7	S	34,3	34,8	-0,5	M
	Z4	Sala	10,2	1,7	8,5	S	33,4	34,7	-1,4	M
	Z5	Coz.	9,5	1,8	7,7	S	34,3	34,7	-0,5	M
Apartamento 304	Z1	Dorm.	7,6	1,8	5,8	I	29,9	34,6	-4,8	S
	Z2	Dorm.	6,6	1,8	4,8	M	31,1	34,6	-3,6	I
	Z3	Ban.	8,1	1,9	6,2	I	33,8	34,6	-0,9	M
	Z4	Sala	8,3	1,9	6,4	I	33,7	34,6	-1,0	M
	Z5	Coz.	9,5	1,9	7,6	S	34,6	34,6	0,0	M
Apartamento 401	Z1	Dorm.	9,0	1,9	7,1	S	34,1	34,5	-0,5	M
	Z2	Dorm.	8,2	1,9	6,3	I	34,1	34,4	-0,4	M
	Z3	Ban.	8,6	1,9	6,7	I	33,6	34,4	-0,9	M
	Z4	Sala	8,4	1,9	6,5	I	34,0	34,3	-0,3	M
	Z5	Coz.	6,4	1,9	4,5	M	33,4	34,3	-0,9	M

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{mín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 402	Z1	Dorm.	7,9	1,9	6,0	I	30,2	34,2	-4,1	S
	Z2	Dorm.	8,4	2,0	6,4	I	33,4	34,2	-0,9	M
	Z3	Ban.	7,6	2,0	5,6	I	33,4	34,2	-0,9	M
	Z4	Sala	7,9	2,0	5,9	I	33,4	34,2	-0,9	M
	Z5	Coz.	6,9	2,0	4,9	M	33,4	34,2	-0,9	M
Apartamento 403	Z1	Dorm.	16,3	2,0	14,3	S	33,9	34,2	-0,4	M
	Z2	Dorm.	16,3	2,0	14,3	S	33,4	34,2	-0,9	M
	Z3	Ban.	18,5	2,0	16,5	S	33,3	34,2	-1,0	M
	Z4	Sala	8,2	2,1	6,1	I	33,6	34,2	-0,7	M
	Z5	Coz.	8,8	2,1	6,7	I	33,8	34,1	-0,4	M
Apartamento 404	Z1	Dorm.	9,0	2,1	6,9	I	33,3	34,1	-0,9	M
	Z2	Dorm.	9,4	2,1	7,3	S	33,3	34,1	-0,9	M
	Z3	Ban.	16,8	2,1	14,7	S	32,2	34,0	-1,9	M
	Z4	Sala	7,3	2,2	5,1	I	33,3	34,0	-0,8	M
	Z5	Coz.	7,6	2,2	5,4	I	33,3	34,0	-0,8	M

APÊNDICE C

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 3

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{min.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
1º	Z0	Cond.	10,8	3,1	7,7	S	30,7	31,7	-1,0	M
Apartamento 101	Z1	Sala	10,1	3,1	7,0	S	30,8	31,5	-0,7	M
	Z2	Coz.	9,4	3,6	5,8	I	30,1	31,3	-1,2	M
	Z3	Lav.	10,9	3,8	7,1	S	30,4	31,1	-0,7	M
	Z4	Ban.	10,2	3,6	6,6	I	28,7	30,7	-2,0	I
	Z5	Circ.	10,6	4,7	5,9	I	32,4	33,7	-1,3	M
	Z6	Dorm.	10,5	4,0	6,5	I	32,5	33,5	-1,0	M
	Z7	Dorm.	10,0	5,4	4,6	M	31,2	33,2	-2,0	I
	Z8	Dorm.	9,6	5,0	4,6	M	32,0	33,1	-1,1	M
Apartamento 102	Z1	Sala	9,3	2,7	6,6	I	31,3	32,9	-1,6	M
	Z2	Coz.	8,9	4,0	4,9	M	31,8	32,9	-1,1	M
	Z3	Lav.	8,5	3,7	4,8	M	30,5	32,0	-1,5	M
	Z4	Ban.	8,3	4,1	4,2	M	27,3	30,6	-3,3	I
	Z5	Circ.	10,6	5,3	5,3	I	31,9	34,2	-2,3	I
	Z6	Dorm.	9,9	4,9	5,0	I	31,9	34,0	-2,1	I
	Z7	Dorm.	9,6	4,4	5,2	I	33,0	33,9	-0,9	M
	Z8	Dorm.	9,4	5,2	4,2	M	32,4	33,8	-1,4	M
Apartamento 103	Z1	Sala	8,7	4,1	4,6	M	32,6	33,5	-0,9	M
	Z2	Coz.	8,4	3,5	4,9	M	31,9	33,2	-1,3	M
	Z3	Lav.	7,9	3,6	4,3	M	31,2	32,7	-1,5	M
	Z4	Ban.	10,4	5,3	5,1	I	30,4	32,6	-2,2	I
	Z5	Circ.	10,1	4,5	5,6	I	27,6	31,1	-3,5	I
	Z6	Dorm.	11,2	5,3	5,9	I	29,7	31,7	-2,0	I
	Z7	Dorm.	10,1	5,2	4,9	M	30,8	31,4	-0,6	M
	Z8	Dorm.	9,9	5,7	4,2	M	30,1	31,2	-1,1	M
Apartamento 104	Z1	Sala	9,6	5,0	4,6	M	30,0	31,1	-1,1	M
	Z2	Coz.	9,4	4,2	5,2	I	29,6	30,7	-1,1	M
	Z3	Lav.	9,0	4,8	4,2	M	29,5	30,7	-1,2	M
	Z4	Ban.	10,5	5,8	4,7	M	29,3	32,0	-2,7	I
	Z5	Circ.	10,3	5,2	5,1	I	29,1	31,6	-2,5	I
	Z6	Dorm.	10,3	5,8	4,5	M	29,1	31,6	-2,5	I
	Z7	Dorm.	10,4	5,8	4,6	M	29,5	30,9	-1,4	M
	Z8	Dorm.	10,4	5,0	5,4	I	29,9	30,9	-1,0	M

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
2º	Z0	Cond.	10,0	4,6	5,4	I	24,4	31,1	-6,7	S
Apartamento 201	Z1	Sala	9,9	4,1	5,8	I	26,3	30,5	-4,2	S
	Z2	Coz.	9,9	4,4	5,5	I	26,3	30,5	-4,2	S
	Z3	Lav.	9,5	4,3	5,2	I	26,6	30,8	-4,2	S
	Z4	Ban.	10,5	5,6	4,9	M	26,0	30,5	-4,5	S
	Z5	Circ.	10,2	5,6	4,6	M	25,6	30,4	-4,8	S
	Z6	Dorm.	9,9	5,4	4,5	M	27,7	31,9	-4,2	S
	Z7	Dorm.	9,8	5,0	4,8	M	27,3	31,8	-4,5	S
	Z8	Dorm.	9,8	5,5	4,3	M	26,8	31,5	-4,7	S
Apartamento 202	Z1	Sala	9,7	5,5	4,2	M	26,8	31,5	-4,7	S
	Z2	Coz.	11,6	5,1	6,5	I	26,1	31,2	-5,1	S
	Z3	Lav.	10,2	5,3	4,9	M	31,6	36,7	-5,1	S
	Z4	Ban.	9,9	5,2	4,7	M	32,3	36,7	-4,4	S
	Z5	Circ.	9,6	4,6	5,0	I	32,5	36,5	-4,0	S
	Z6	Dorm.	9,5	4,8	4,7	M	31,3	36,2	-4,9	S
	Z7	Dorm.	9,1	4,7	4,4	M	30,5	35,8	-5,3	S
	Z8	Dorm.	9,1	3,2	5,9	I	28,8	34,9	-6,1	S
Apartamento 203	Z1	Sala	8,5	4,3	4,2	M	30,7	34,6	-3,9	I
	Z2	Coz.	8,3	4,1	4,2	M	28,9	33,2	-4,3	S
	Z3	Lav.	10,7	4,9	5,8	I	27,1	31,2	-4,1	S
	Z4	Ban.	10,2	4,4	5,8	I	27,8	30,9	-3,1	I
	Z5	Circ.	9,1	3,9	5,2	I	27,4	30,7	-3,3	I
	Z6	Dorm.	9,0	4,9	4,1	M	27,7	30,4	-2,7	I
	Z7	Dorm.	8,4	3,9	4,5	M	28,3	30,9	-2,6	I
	Z8	Dorm.	8,4	3,8	4,6	M	27,8	30,8	-3,0	I
Apartamento 204	Z1	Sala	7,2	3,5	3,7	M	27,8	30,8	-3,0	I
	Z2	Coz.	8,0	3,0	5,0	I	27,2	30,4	-3,2	I
	Z3	Lav.	8,6	2,2	6,4	I	28,7	31,9	-3,2	I
	Z4	Ban.	8,5	1,4	7,1	S	28,4	31,8	-3,4	I
	Z5	Circ.	7,8	1,5	6,3	I	28,2	31,1	-2,9	I
	Z6	Dorm.	7,2	2,6	4,6	M	28,1	31,1	-3,0	I
	Z7	Dorm.	6,9	1,3	5,6	I	28,8	30,8	-2,0	I
	Z8	Dorm.	6,4	1,3	5,1	I	27,5	30,6	-3,1	I

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{min.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
3º	Z0	Cond.	8,4	2,1	6,3	I	27,4	32,3	-4,9	S
Apartamento 301	Z1	Sala	8,2	0,8	7,4	S	27,9	32,1	-4,2	S
	Z2	Coz.	7,8	1,8	6,0	I	26,8	31,6	-4,8	S
	Z3	Lav.	7,3	0,7	6,6	I	27,1	31,4	-4,3	S
	Z4	Ban.	6,9	0,5	6,4	I	27,2	31,4	-4,2	S
	Z5	Circ.	6,7	1,1	5,6	I	25,5	30,6	-5,1	S
	Z6	Dorm.	9,5	2,5	7,0	S	29,1	33,5	-4,4	S
	Z7	Dorm.	7,1	1,6	5,5	I	29,6	33,3	-3,7	I
	Z8	Dorm.	6,7	1,5	5,2	I	29,1	33,1	-4,0	I
Apartamento 302	Z1	Sala	6,7	0,4	6,3	I	30,0	32,9	-2,9	I
	Z2	Coz.	5,9	1,3	4,6	M	29,3	32,7	-3,4	I
	Z3	Lav.	5,6	0,3	5,3	I	28,2	32,0	-3,8	I
	Z4	Ban.	4,9	0,4	4,5	M	28,7	31,7	-3,0	I
	Z5	Circ.	4,6	0,6	4,0	M	27,6	31,5	-3,9	I
	Z6	Dorm.	4,4	0,7	3,7	M	29,7	33,0	-3,3	I
	Z7	Dorm.	4,2	0,7	3,5	M	30,0	32,9	-2,9	I
	Z8	Dorm.	3,9	0,9	3,0	M	29,6	32,8	-3,2	I
Apartamento 303	Z1	Sala	3,3	0,2	3,1	M	31,7	32,5	-0,8	M
	Z2	Coz.	3,3	0,0	3,3	M	30,6	32,4	-1,8	M
	Z3	Lav.	3,3	0,1	3,2	M	30,7	32,0	-1,3	M
	Z4	Ban.	9,5	2,6	6,9	I	29,4	31,6	-2,2	I
	Z5	Circ.	9,0	3,0	6,0	I	28,8	31,3	-2,5	I
	Z6	Dorm.	7,5	2,8	4,7	M	28,9	31,2	-2,3	I
	Z7	Dorm.	7,4	3,2	4,2	M	28,5	30,5	-2,0	I
	Z8	Dorm.	7,3	3,2	4,1	M	32,2	34,0	-1,8	M
Apartamento 304	Z1	Sala	7,0	3,3	3,7	M	32,4	33,9	-1,5	M
	Z2	Coz.	7,0	3,8	3,2	M	31,2	33,7	-2,5	I
	Z3	Lav.	7,0	3,9	3,1	M	31,7	33,6	-1,9	M
	Z4	Ban.	6,8	3,6	3,2	M	31,1	33,5	-2,4	I
	Z5	Circ.	9,1	5,8	3,3	M	30,3	33,0	-2,7	I
	Z6	Dorm.	9,0	5,5	3,5	M	29,7	32,6	-2,9	I
	Z7	Dorm.	8,9	5,8	3,1	M	29,7	32,4	-2,7	I
	Z8	Dorm.	8,9	5,4	3,5	M	29,8	30,9	-1,1	M

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
4º	Z0	Cond.	10,0	6,1	3,9	M	30,3	32,9	-2,6	I
Apartamento 401	Z1	Sala	9,8	4,9	4,9	M	29,6	32,0	-2,4	I
	Z2	Coz.	9,7	5,0	4,7	M	28,6	30,6	-2,0	I
	Z3	Lav.	9,0	4,3	4,7	M	31,0	33,7	-2,7	I
	Z4	Ban.	8,7	3,6	5,1	I	31,4	33,7	-2,3	I
	Z5	Circ.	8,0	4,1	3,9	M	31,5	33,5	-2,0	I
	Z6	Dorm.	7,5	2,7	4,8	M	31,1	33,4	-2,3	I
	Z7	Dorm.	10,5	5,2	5,3	I	31,0	33,3	-2,3	I
	Z8	Dorm.	10,2	5,2	5,0	I	30,0	32,9	-2,9	I
Apartamento 402	Z1	Sala	9,6	4,8	4,8	M	29,3	31,7	-2,4	I
	Z2	Coz.	9,1	4,4	4,7	M	28,3	30,9	-2,6	I
	Z3	Lav.	8,6	4,1	4,5	M	32,0	33,7	-1,7	M
	Z4	Ban.	9,4	3,9	5,5	I	30,4	33,6	-3,2	I
	Z5	Circ.	8,3	4,4	3,9	M	30,8	33,6	-2,8	I
	Z6	Dorm.	8,1	3,8	4,3	M	30,6	33,4	-2,8	I
	Z7	Dorm.	10,8	4,7	6,1	I	31,6	33,2	-1,6	M
	Z8	Dorm.	9,9	5,6	4,3	M	30,8	32,7	-1,9	M
Apartamento 403	Z1	Sala	9,5	5,2	4,3	M	31,0	32,6	-1,6	M
	Z2	Coz.	8,2	4,5	3,7	M	30,3	31,9	-1,6	M
	Z3	Lav.	7,8	0,9	6,9	I	28,9	30,5	-1,6	M
	Z4	Ban.	6,2	0,3	5,9	I	29,0	31,4	-2,4	I
	Z5	Circ.	6,1	0,9	5,2	I	29,6	33,3	-3,7	I
	Z6	Dorm.	5,7	1,0	4,7	M	31,8	32,9	-1,1	M
	Z7	Dorm.	5,4	1,0	4,4	M	31,5	32,4	-0,9	M
	Z8	Dorm.	4,7	0,6	4,1	M	30,5	32,2	-1,7	M
Apartamento 404	Z1	Sala	6,1	0,7	5,4	I	29,8	31,1	-1,3	M
	Z2	Coz.	7,3	0,4	6,9	I	29,2	30,5	-1,3	M
	Z3	Lav.	7,3	0,5	6,8	I	33,6	35,4	-1,8	M
	Z4	Ban.	6,3	0,6	5,7	I	31,5	35,4	-3,9	I
	Z5	Circ.	5,0	0,0	5,0	I	32,0	35,4	-3,4	I
	Z6	Dorm.	6,8	2,0	4,8	M	33,9	34,7	-0,8	M
	Z7	Dorm.	6,6	2,2	4,4	M	32,9	34,4	-1,5	M
	Z8	Dorm.	6,0	2,6	3,4	M	32,5	34,0	-1,5	M

APÊNDICE D

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA O RESIDENCIAL 11

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{ímín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{ímáx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 101	Z1	Dorm.	3,9	0,5	3	M	31,8	32,8	-1,0	M
	Z2	Dorm.	3,4	0,9	3	N.A.	31,8	31,8	0,0	N.A.
	Z3	Ban.	3,4	1,0	2	N.A.	31,6	32,2	-0,6	M
	Z4	Ban.	4,2	1,1	3	M	31,0	31,3	-0,3	M
	Z5	Coz.	3,8	1,2	3	N.A.	30,4	30,8	-0,4	M
	Z6	Sala	4,4	1,6	3	N.A.	30,2	29,6	0,6	N.A.
	Z7	Varand.	5,9	1,7	4	M	29,6	29,6	0,0	N.A.
Apartamento 102	Z1	Dorm.	4,6	1,8	3	N.A.	28,6	25,3	3,3	N.A.
	Z2	Dorm.	4,9	2,1	3	N.A.	28,0	26,9	1,1	N.A.
	Z3	Ban.	5,0	2,2	3	N.A.	30,1	30,7	-0,6	M
	Z4	Ban.	5,6	2,4	3	M	29,9	30,8	-0,9	M
	Z5	Coz.	5,3	2,6	3	N.A.	29,7	30,1	-0,4	M
	Z6	Sala	7,3	2,8	5	M	29,5	30,4	-0,9	M
	Z7	Varand.	6,7	2,9	4	M	29,1	28,7	0,4	N.A.
Apartamento 103	Z1	Dorm.	6,7	3,8	3	N.A.	29,0	29,4	-0,4	M
	Z2	Dorm.	9,5	3,9	6	I	27,9	27,4	0,5	N.A.
	Z3	Ban.	6,7	3,9	3	N.A.	27,8	26,6	1,2	N.A.
	Z4	Ban.	7,3	3,9	3	M	32,1	32,4	-0,3	M
	Z5	Coz.	6,9	4,1	3	N.A.	31,9	32,5	-0,6	M
	Z6	Sala	8,1	4,3	4	M	31,6	31,2	0,4	N.A.
	Z7	Varand.	8,0	4,4	4	M	31,5	32,0	-0,5	M
Apartamento 104	Z1	Dorm.	7,1	4,5	3	N.A.	31,3	31,3	0,0	N.A.
	Z2	Dorm.	8,7	4,5	4	M	31,3	31,8	-0,5	M
	Z3	Ban.	7,5	4,6	3	N.A.	30,4	30,5	-0,1	M
	Z4	Ban.	7,8	4,7	3	M	30,2	28,4	1,8	N.A.
	Z5	Coz.	7,3	4,8	3	N.A.	29,0	27,3	1,7	N.A.
	Z6	Sala	9,4	4,8	5	M	32,6	31,9	0,7	N.A.
	Z7	Varand.	8,4	4,9	4	M	32,4	31,9	0,5	N.A.
Condomínio	Z8	Escada	9,3	5,0	4	M	32,3	33,0	-0,7	M
	Z9	Ante C.	8,3	5,0	3	M	32,2	32,4	-0,2	M
	Z10	Circ.	8,0	5,0	3	M	31,9	32,6	-0,7	M
	Z11	Elev.	8,3	5,1	3	M	31,6	31,9	-0,3	M

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 201	Z1	Dorm.	10,2	5,2	5	I	31,1	31,2	-0,1	M
	Z2	Dorm.	8,5	5,3	3	M	31,0	30,4	0,6	N.A.
	Z3	Ban.	8,2	5,3	3	N.A.	29,6	27,8	1,8	N.A.
	Z4	Ban.	7,9	5,5	2	N.A.	29,5	27,6	1,9	N.A.
	Z5	Coz.	9,1	5,5	4	M	30,1	29,7	0,4	N.A.
	Z6	Sala	8,2	5,5	3	N.A.	29,8	30,8	-1,0	M
	Z7	Varand.	8,7	5,5	3	M	29,6	30,1	-0,5	M
Apartamento 202	Z1	Dorm.	8,4	5,6	3	N.A.	29,5	30,0	-0,5	M
	Z2	Dorm.	8,1	5,6	3	N.A.	29,1	29,6	-0,5	M
	Z3	Ban.	8,9	5,7	3	M	29,1	29,5	-0,4	M
	Z4	Ban.	9,4	5,7	4	M	30,4	30,3	0,1	N.A.
	Z5	Coz.	8,4	5,7	3	N.A.	30,0	30,1	-0,1	M
	Z6	Sala	8,4	5,7	3	N.A.	30,0	30,1	-0,1	M
	Z7	Varand.	8,4	5,7	3	N.A.	29,3	29,5	-0,2	M
Apartamento 203	Z1	Dorm.	8,3	5,7	3	N.A.	29,3	29,9	-0,6	M
	Z2	Dorm.	8,5	5,8	3	N.A.	28,3	28,3	0,0	N.A.
	Z3	Ban.	9,1	5,8	3	M	28,0	28,6	-0,6	M
	Z4	Ban.	8,4	5,8	3	N.A.	27,7	27,3	0,4	N.A.
	Z5	Coz.	10,0	5,9	4	M	28,6	28,7	-0,1	M
	Z6	Sala	9,5	6,0	4	M	28,5	27,6	0,9	N.A.
	Z7	Varand.	8,7	6,1	3	N.A.	27,5	26,9	0,6	N.A.
Apartamento 204	Z1	Dorm.	9,0	6,1	3	N.A.	28,7	26,9	1,8	N.A.
	Z2	Dorm.	8,6	6,1	3	N.A.	28,1	27,3	0,8	N.A.
	Z3	Ban.	8,9	6,1	3	N.A.	29,5	29,4	0,1	N.A.
	Z4	Ban.	9,4	6,2	3	M	28,9	29,8	-0,9	M
	Z5	Coz.	9,4	6,2	3	M	28,9	29,8	-0,9	M
	Z6	Sala	9,1	6,2	3	N.A.	28,8	29,2	-0,4	M
	Z7	Varand.	8,9	6,2	3	N.A.	27,9	28,5	-0,6	M
Condomínio	Z8	Escada	9,0	6,2	3	N.A.	27,8	28,7	-0,9	M
	Z9	Ante C.	9,7	6,2	4	M	28,3	28,9	-0,6	M
	Z10	Circ.	10,0	6,3	4	M	28,2	28,2	0,0	N.A.
	Z11	Elev.	9,0	6,3	3	N.A.	27,7	28,2	-0,5	M

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{mín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 301	Z1	Dorm.	9,2	6,3	3	N.A.	27,4	27,7	-0,3	M
	Z2	Dorm.	10,9	6,3	5	M	29,4	29,3	0,1	N.A.
	Z3	Ban.	11,3	6,4	5	M	29,2	30,1	-0,9	M
	Z4	Ban.	10,5	6,4	4	M	28,9	29,5	-0,6	M
	Z5	Coz.	9,0	6,4	3	N.A.	28,8	29,1	-0,3	M
	Z6	Sala	8,8	6,4	2	N.A.	28,3	28,6	-0,3	M
	Z7	Varand.	10,2	6,5	4	M	28,1	27,8	0,3	N.A.
Apartamento 302	Z1	Dorm.	9,1	6,5	3	N.A.	30,3	31,2	-0,9	M
	Z2	Dorm.	11,2	6,6	5	M	30,2	30,8	-0,6	M
	Z3	Ban.	9,6	6,7	3	N.A.	29,9	30,3	-0,4	M
	Z4	Ban.	9,0	6,7	2	N.A.	29,9	30,3	-0,4	M
	Z5	Coz.	10,5	6,7	4	M	29,6	29,6	0,0	N.A.
	Z6	Sala	9,9	6,8	3	M	28,7	28,5	0,2	N.A.
	Z7	Varand.	10,4	6,8	4	M	28,0	28,2	-0,2	M
Apartamento 303	Z1	Dorm.	9,6	6,8	3	N.A.	27,7	26,9	0,8	N.A.
	Z2	Dorm.	9,5	6,8	3	N.A.	35,1	35,1	0,0	N.A.
	Z3	Ban.	9,0	6,8	2	N.A.	35,1	35,8	-0,7	M
	Z4	Ban.	9,5	6,8	3	N.A.	34,9	36,0	-1,1	M
	Z5	Coz.	10,2	6,8	3	M	34,6	34,8	-0,2	M
	Z6	Sala	9,2	6,8	2	N.A.	34,2	34,0	0,2	N.A.
	Z7	Varand.	10,5	6,9	4	M	33,3	32,3	1,0	N.A.
Apartamento 304	Z1	Dorm.	10,1	6,9	3	M	33,0	32,7	0,3	N.A.
	Z2	Dorm.	9,6	6,9	3	N.A.	31,6	30,9	0,7	N.A.
	Z3	Ban.	9,8	6,9	3	N.A.	30,7	29,6	1,1	N.A.
	Z4	Ban.	10,4	6,9	4	M	29,6	29,1	0,5	N.A.
	Z5	Coz.	9,3	6,9	2	N.A.	27,8	27,3	0,5	N.A.
	Z6	Sala	9,8	6,9	3	N.A.	28,2	28,5	-0,3	M
	Z7	Varand.	9,7	6,9	3	N.A.	29,3	29,8	-0,5	M
Condomínio	Z8	Escada	10,8	6,9	4	M	29,3	29,4	-0,1	M
	Z9	Ante C.	9,9	6,9	3	M	29,1	29,4	-0,3	M
	Z10	Circ.	9,6	7,0	3	N.A.	28,8	29,2	-0,4	M
	Z11	Elev.	9,6	7,1	3	N.A.	28,4	28,2	0,2	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 401	Z1	Dorm.	12,2	7,1	5	I	27,7	27,3	0,4	N.A.
	Z2	Dorm.	9,9	7,1	3	N.A.	27,6	28,4	-0,8	M
	Z3	Ban.	9,4	7,1	2	N.A.	28,8	29,7	-0,9	M
	Z4	Ban.	10,5	7,1	3	M	28,7	29,6	-0,9	M
	Z5	Coz.	10,8	7,1	4	M	28,7	29,3	-0,6	M
	Z6	Sala	10,1	7,2	3	N.A.	28,3	29,2	-0,9	M
	Z7	Varand.	10,1	7,2	3	N.A.	27,8	27,1	0,7	N.A.
Apartamento 402	Z1	Dorm.	9,5	7,2	2	N.A.	27,8	29,0	-1,2	M
	Z2	Dorm.	9,8	7,2	3	N.A.	27,6	28,1	-0,5	M
	Z3	Ban.	9,7	7,2	3	N.A.	29,3	30,3	-1,0	M
	Z4	Ban.	10,7	7,2	4	M	29,2	29,8	-0,6	M
	Z5	Coz.	10,8	7,2	4	M	29,2	29,8	-0,6	M
	Z6	Sala	10,3	7,2	3	M	28,8	29,2	-0,4	M
	Z7	Varand.	10,0	7,2	3	N.A.	28,4	28,6	-0,2	M
Apartamento 403	Z1	Dorm.	10,7	7,2	4	M	28,4	27,6	0,8	N.A.
	Z2	Dorm.	10,1	7,3	3	N.A.	30,3	30,7	-0,4	M
	Z3	Ban.	10,5	7,3	3	M	30,2	30,4	-0,2	M
	Z4	Ban.	10,3	7,3	3	M	29,5	30,2	-0,7	M
	Z5	Coz.	9,5	7,3	2	N.A.	29,5	30,1	-0,6	M
	Z6	Sala	9,5	7,3	2	N.A.	29,5	28,8	0,7	N.A.
	Z7	Varand.	12,8	7,3	6	I	29,2	28,8	0,4	N.A.
Apartamento 404	Z1	Dorm.	10,6	7,3	3	M	29,2	29,4	-0,2	M
	Z2	Dorm.	15,4	7,4	8	S	29,0	29,5	-0,5	M
	Z3	Ban.	9,9	7,4	3	N.A.	27,9	26,5	1,4	N.A.
	Z4	Ban.	11,6	7,4	4	M	27,6	27,1	0,5	N.A.
	Z5	Coz.	10,2	7,4	3	N.A.	30,7	30,4	0,3	N.A.
	Z6	Sala	10,1	7,4	3	N.A.	30,5	30,8	-0,3	M
	Z7	Varand.	12,4	7,4	5	I	30,0	29,7	0,3	N.A.
Condomínio	Z8	Escada	10,9	7,4	4	M	29,8	30,0	-0,2	M
	Z9	Ante C.	13,6	7,5	6	I	29,8	30,1	-0,3	M
	Z10	Circ.	10,6	7,5	3	M	29,4	29,7	-0,3	M
	Z11	Elev.	11,2	7,5	4	M	29,0	28,4	0,6	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{mín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 501	Z1	Dorm.	10,0	7,5	3	N.A.	28,5	28,4	0,1	N.A.
	Z2	Dorm.	9,9	7,5	2	N.A.	27,6	27,2	0,4	N.A.
	Z3	Ban.	10,6	7,5	3	M	28,5	28,9	-0,4	M
	Z4	Ban.	10,0	7,5	3	N.A.	28,2	28,7	-0,5	M
	Z5	Coz.	11,1	7,5	4	M	28,0	27,8	0,2	N.A.
	Z6	Sala	11,0	7,5	4	M	27,9	28,5	-0,6	M
	Z7	Varand.	10,4	7,5	3	N.A.	27,7	28,5	-0,8	M
Apartamento 502	Z1	Dorm.	10,9	7,5	3	M	29,1	29,1	0,0	N.A.
	Z2	Dorm.	10,6	7,6	3	M	29,0	29,5	-0,5	M
	Z3	Ban.	10,2	7,6	3	N.A.	28,9	28,7	0,2	N.A.
	Z4	Ban.	10,1	7,6	3	N.A.	28,3	28,3	0,0	N.A.
	Z5	Coz.	9,9	7,6	2	N.A.	27,9	27,1	0,8	N.A.
	Z6	Sala	10,7	7,6	3	M	31,9	32,0	-0,1	M
	Z7	Varand.	9,9	7,6	2	N.A.	31,7	32,5	-0,8	M
Apartamento 503	Z1	Dorm.	9,8	7,6	2	N.A.	31,5	32,0	-0,5	M
	Z2	Dorm.	10,2	7,6	3	N.A.	31,3	32,0	-0,7	M
	Z3	Ban.	10,9	7,6	3	M	31,1	31,3	-0,2	M
	Z4	Ban.	10,6	7,7	3	N.A.	30,4	30,2	0,2	N.A.
	Z5	Coz.	10,4	7,7	3	N.A.	30,1	30,7	-0,6	M
	Z6	Sala	10,8	7,7	3	M	29,9	29,6	0,3	N.A.
	Z7	Varand.	11,8	7,7	4	M	28,6	27,2	1,4	N.A.
Apartamento 504	Z1	Dorm.	11,0	7,8	3	M	28,3	28,2	0,1	N.A.
	Z2	Dorm.	10,3	7,8	3	N.A.	31,4	31,7	-0,3	M
	Z3	Ban.	10,2	7,8	2	N.A.	31,3	32,0	-0,7	M
	Z4	Ban.	10,4	7,8	3	N.A.	31,2	31,6	-0,4	M
	Z5	Coz.	10,6	7,8	3	N.A.	30,9	31,7	-0,8	M
	Z6	Sala	12,3	7,9	4	M	30,8	31,6	-0,8	M
	Z7	Varand.	10,4	7,9	3	N.A.	30,4	30,7	-0,3	M
Condomínio	Z8	Escada	10,6	7,9	3	N.A.	30,0	29,4	0,6	N.A.
	Z9	Ante C.	10,4	7,9	3	N.A.	30,0	29,9	0,1	N.A.
	Z10	Circ.	10,5	7,9	3	N.A.	28,5	27,4	1,1	N.A.
	Z11	Elev.	11,6	7,9	4	M	28,3	27,3	1,0	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 601	Z1	Dorm.	10,8	7,9	3	N.A.	28,9	28,6	0,3	N.A.
	Z2	Dorm.	10,7	7,9	3	N.A.	28,5	27,0	1,5	N.A.
	Z3	Ban.	10,8	8,0	3	N.A.	28,2	28,1	0,1	N.A.
	Z4	Ban.	10,9	8,0	3	N.A.	29,7	29,8	-0,1	M
	Z5	Coz.	10,7	8,0	3	N.A.	29,6	28,9	0,7	N.A.
	Z6	Sala	10,5	8,0	3	N.A.	29,5	29,9	-0,4	M
	Z7	Varand.	11,5	8,0	4	M	28,9	28,5	0,4	N.A.
Apartamento 602	Z1	Dorm.	13,4	8,0	5	I	28,5	29,1	-0,6	M
	Z2	Dorm.	10,8	8,0	3	N.A.	28,2	27,8	0,4	N.A.
	Z3	Ban.	12,2	8,0	4	M	32,4	32,2	0,2	N.A.
	Z4	Ban.	10,4	8,0	2	N.A.	32,3	32,4	-0,1	M
	Z5	Coz.	11,5	8,0	4	M	32,1	31,2	0,9	N.A.
	Z6	Sala	11,4	8,1	3	M	32,0	31,7	0,3	N.A.
	Z7	Varand.	14,5	8,1	6	I	31,9	31,1	0,8	N.A.
Apartamento 603	Z1	Dorm.	11,2	8,1	3	M	31,4	31,3	0,1	N.A.
	Z2	Dorm.	11,8	8,1	4	M	31,0	30,7	0,3	N.A.
	Z3	Ban.	10,9	8,1	3	N.A.	30,8	30,7	0,1	N.A.
	Z4	Ban.	12,0	8,1	4	M	29,3	27,8	1,5	N.A.
	Z5	Coz.	11,7	8,1	4	M	29,1	29,1	0,0	N.A.
	Z6	Sala	12,3	8,1	4	M	31,3	30,3	1,0	N.A.
	Z7	Varand.	11,0	8,1	3	N.A.	30,4	29,6	0,8	N.A.
Apartamento 604	Z1	Dorm.	10,9	8,2	3	N.A.	30,2	26,0	4,2	N.A.
	Z2	Dorm.	10,7	8,2	3	N.A.	28,1	26,8	1,3	N.A.
	Z3	Ban.	10,7	8,2	3	N.A.	28,1	26,0	2,1	N.A.
	Z4	Ban.	15,1	8,2	7	I	27,7	28,0	-0,3	M
	Z5	Coz.	12,8	8,2	5	M	27,4	20,9	6,5	N.A.
	Z6	Sala	11,3	8,2	3	M	29,5	29,8	-0,3	M
	Z7	Varand.	13,0	8,3	5	M	29,0	29,4	-0,4	M
Condomínio	Z8	Escada	11,1	8,3	3	N.A.	29,0	29,6	-0,6	M
	Z9	Ante C.	10,8	8,3	3	N.A.	28,6	29,0	-0,4	M
	Z10	Circ.	12,1	8,3	4	M	28,4	28,0	0,4	N.A.
	Z11	Elev.	11,0	8,3	3	N.A.	27,9	27,7	0,2	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{mín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 701	Z1	Dorm.	12,8	8,3	5	M	32,1	32,0	0,1	N.A.
	Z2	Dorm.	11,8	8,3	4	M	32,1	32,4	-0,3	M
	Z3	Ban.	10,7	8,3	2	N.A.	31,9	31,5	0,4	N.A.
	Z4	Ban.	10,6	8,3	2	N.A.	31,8	32,1	-0,3	M
	Z5	Coz.	12,3	8,3	4	M	31,7	32,0	-0,3	M
	Z6	Sala	11,8	8,3	4	M	31,3	31,0	0,3	N.A.
	Z7	Varand.	11,6	8,4	3	M	30,1	30,3	-0,2	M
Apartamento 702	Z1	Dorm.	11,2	8,4	3	N.A.	29,9	28,2	1,7	N.A.
	Z2	Dorm.	10,9	8,4	3	N.A.	29,3	29,3	0,0	N.A.
	Z3	Ban.	10,8	8,4	2	N.A.	28,5	28,7	-0,2	M
	Z4	Ban.	12,7	8,4	4	M	27,6	26,5	1,1	N.A.
	Z5	Coz.	12,3	8,4	4	M	32,1	33,0	-0,9	M
	Z6	Sala	11,4	8,4	3	M	32,0	31,4	0,6	N.A.
	Z7	Varand.	12,7	8,4	4	M	32,0	32,8	-0,8	M
Apartamento 703	Z1	Dorm.	11,5	8,4	3	M	31,8	31,6	0,2	N.A.
	Z2	Dorm.	10,9	8,5	2	N.A.	31,6	32,6	-1,0	M
	Z3	Ban.	10,9	8,5	2	N.A.	31,1	31,3	-0,2	M
	Z4	Ban.	11,6	8,5	3	M	31,0	31,0	0,0	N.A.
	Z5	Coz.	13,4	8,5	5	M	30,3	30,3	0,0	N.A.
	Z6	Sala	12,2	8,5	4	M	29,7	28,6	1,1	N.A.
	Z7	Varand.	11,5	8,5	3	M	28,9	28,9	0,0	N.A.
Apartamento 704	Z1	Dorm.	12,0	8,5	4	M	27,9	26,9	1,0	N.A.
	Z2	Dorm.	11,6	8,6	3	M	29,8	29,0	0,8	N.A.
	Z3	Ban.	12,1	8,6	4	M	28,8	28,9	-0,1	M
	Z4	Ban.	11,9	8,6	3	M	28,1	25,9	2,2	N.A.
	Z5	Coz.	11,0	8,6	2	N.A.	28,1	28,1	0,0	N.A.
	Z6	Sala	11,0	8,6	2	N.A.	27,7	28,4	-0,7	M
	Z7	Varand.	12,8	8,6	4	M	27,6	28,6	-1,0	M
Condomínio	Z8	Escada	11,7	8,6	3	M	31,7	31,6	0,1	N.A.
	Z9	Ante C.	11,2	8,6	3	N.A.	31,3	31,8	-0,5	M
	Z10	Circ.	12,6	8,6	4	M	30,8	31,5	-0,7	M
	Z11	Elev.	12,1	8,7	3	M	30,6	30,5	0,1	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			Timín.	Temín.	ΔT		Timáx.	Temáx.	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 801	Z1	Dorm.	11,4	8,7	3	N.A.	30,2	27,6	2,6	N.A.
	Z2	Dorm.	11,9	8,7	3	M	29,5	29,8	-0,3	M
	Z3	Ban.	11,5	8,7	3	N.A.	28,9	29,2	-0,3	M
	Z4	Ban.	11,4	8,7	3	N.A.	28,5	28,0	0,5	N.A.
	Z5	Coz.	11,8	8,7	3	M	27,4	27,3	0,1	N.A.
	Z6	Sala	12,3	8,7	4	M	33,8	33,6	0,2	N.A.
	Z7	Varand.	11,7	8,7	3	M	33,8	33,5	0,3	N.A.
Apartamento 802	Z1	Dorm.	12,9	8,7	4	M	33,8	34,0	-0,2	M
	Z2	Dorm.	11,4	8,7	3	N.A.	33,1	33,9	-0,8	M
	Z3	Ban.	11,6	8,7	3	N.A.	32,8	32,9	-0,1	M
	Z4	Ban.	11,5	8,7	3	N.A.	32,4	32,5	-0,1	M
	Z5	Coz.	11,1	8,7	2	N.A.	32,2	32,7	-0,5	M
	Z6	Sala	13,1	8,8	4	M	31,9	32,1	-0,2	M
	Z7	Varand.	11,6	8,8	3	N.A.	31,0	29,6	1,4	N.A.
Apartamento 803	Z1	Dorm.	11,3	8,8	3	N.A.	31,0	31,1	-0,1	M
	Z2	Dorm.	11,9	8,8	3	M	29,6	29,7	-0,1	M
	Z3	Ban.	11,6	8,8	3	N.A.	28,2	28,2	0,0	N.A.
	Z4	Ban.	11,6	8,8	3	N.A.	30,3	30,3	0,0	N.A.
	Z5	Coz.	12,2	8,8	3	M	29,7	26,7	3,0	N.A.
	Z6	Sala	11,9	8,8	3	M	28,9	29,3	-0,4	M
	Z7	Varand.	12,1	8,9	3	M	28,0	28,1	-0,1	M
Apartamento 804	Z1	Dorm.	12,0	8,9	3	M	27,7	28,3	-0,6	M
	Z2	Dorm.	12,0	8,9	3	M	28,0	28,5	-0,5	M
	Z3	Ban.	11,5	8,9	3	N.A.	27,9	27,6	0,3	N.A.
	Z4	Ban.	11,1	8,9	2	N.A.	27,9	28,3	-0,4	M
	Z5	Coz.	11,7	8,9	3	N.A.	29,0	28,2	0,8	N.A.
	Z6	Sala	12,9	8,9	4	M	28,6	28,7	-0,1	M
	Z7	Varand.	12,0	8,9	3	M	28,5	26,9	1,6	N.A.
Condomínio	Z8	Escada	13,9	9,0	5	M	28,0	28,1	-0,1	M
	Z9	Ante C.	12,1	9,0	3	M	27,7	28,2	-0,5	M
	Z10	Circ.	12,9	9,0	4	M	27,6	26,2	1,4	N.A.
	Z11	Elev.	11,6	9,0	3	N.A.	27,5	27,5	0,0	N.A.

Continua...

Local	Zona	Cômodo	Inverno			Classificação da norma	Verão			Classificação da norma
			T _{mín.}	T _{emín.}	ΔT		T _{máx.}	T _{emáx.}	ΔT	
			°C				°C			
Apartamento 901	Z1	Dorm.	11,7	9,0	3	N.A.	30,6	30,6	0,0	N.A.
	Z2	Dorm.	11,4	9,0	2	N.A.	30,6	31,0	-0,4	M
	Z3	Ban.	11,2	9,0	2	N.A.	30,4	30,2	0,2	N.A.
	Z4	Ban.	12,7	9,0	4	M	30,1	30,7	-0,6	M
	Z5	Coz.	11,9	9,0	3	N.A.	29,9	29,4	0,5	N.A.
	Z6	Sala	13,0	9,0	4	M	29,3	30,2	-0,9	M
	Z7	Varand.	12,5	9,0	4	M	29,1	28,3	0,8	N.A.
Apartamento 902	Z1	Dorm.	14,3	9,0	5	I	28,6	28,5	0,1	N.A.
	Z2	Dorm.	13,5	9,1	4	M	31,1	31,0	0,1	N.A.
	Z3	Ban.	11,4	9,1	2	N.A.	30,3	30,2	0,1	N.A.
	Z4	Ban.	11,7	9,1	3	N.A.	29,9	26,1	3,8	N.A.
	Z5	Coz.	11,3	9,1	2	N.A.	29,8	29,7	0,1	N.A.
	Z6	Sala	11,7	9,1	3	N.A.	28,6	27,7	0,9	N.A.
	Z7	Varand.	12,3	9,2	3	M	28,5	27,2	1,3	N.A.
Apartamento 903	Z1	Dorm.	12,5	9,2	3	M	28,4	29,1	-0,7	M
	Z2	Dorm.	12,1	9,2	3	N.A.	28,4	28,4	0,0	N.A.
	Z3	Ban.	11,3	9,2	2	N.A.	28,1	29,0	-0,9	M
	Z4	Ban.	13,8	9,2	5	M	32,8	32,9	-0,1	M
	Z5	Coz.	12,3	9,2	3	M	32,6	33,0	-0,4	M
	Z6	Sala	12,6	9,2	3	M	32,3	32,9	-0,6	M
	Z7	Varand.	12,6	9,2	3	M	32,0	32,1	-0,1	M
Apartamento 904	Z1	Dorm.	11,7	9,2	3	N.A.	32,0	32,5	-0,5	M
	Z2	Dorm.	13,0	9,3	4	M	31,8	30,5	1,3	N.A.
	Z3	Ban.	12,9	9,3	4	M	31,7	31,1	0,6	N.A.
	Z4	Ban.	12,2	9,3	3	N.A.	30,2	29,6	0,6	N.A.
	Z5	Coz.	13,0	9,3	4	M	29,5	29,6	-0,1	M
	Z6	Sala	13,1	9,3	4	M	28,8	28,6	0,2	N.A.
	Z7	Varand.	12,5	9,3	3	M	28,0	28,6	-0,6	M
Condomínio	Z8	Escada	12,5	9,3	3	M	32,8	32,5	0,3	N.A.
	Z9	Ante C.	12,1	9,3	3	N.A.	32,6	32,8	-0,2	M
	Z10	Circ.	12,6	9,4	3	M	32,3	31,8	0,5	N.A.
	Z11	Elev.	14,0	9,4	5	M	32,3	32,9	-0,6	M

APÊNDICE E

LEGENDA

Índice		VERÃO
N.A.	não atende	$T_{i,máx.} > T_{e,máx.}$
M	mínimo	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$
I	intermediário	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 2^{\circ}\text{C})$
S	superior	$T_{i,máx.} \leq (T_{e,máx.} - 4^{\circ}\text{C})$
Índice		INVERNO
N.A.	não atende	$T_{i,mín.} < (T_{e,mín.} + 3^{\circ}\text{C})$
M	mínimo	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^{\circ}\text{C})$
I	intermediário	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 5^{\circ}\text{C})$
S	superior	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 7^{\circ}\text{C})$

Obs.: 'Ti' igual a temperatura interna, e 'Te' igual a temperatura externa em °C.